

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



PROYECTO DE TESIS

**“DISEÑO DE UNA TORRE AUTOSOPORTADA TRIANGULAR DE 60
METROS PORTADORA DE ANTENAS”**

PRESENTADA POR:

BACH. ALIOSKA MARÍA AGUIRRE MENDOZA

ASESORADA POR:

ING. CARLOS JAVIER SILVA CASTILLO

PIURA, 2017


HOJA DE REGISTRO DE FIRMAS

Tesis presentada como requisito para optar el título de Ingeniero Civil

“DISEÑO DE UNA TORRE AUTOSOPORTADA TRIANGULAR DE 60 METROS
PORTADORA DE ANTENAS”



Ing. CARMEN CHILÓN MUÑOS M.sc.
PRESIDENTE DE JURADO



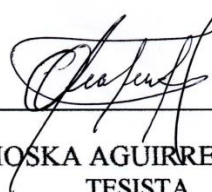
Ing. JULIAN DIENSTMAIER LEÓN
SECRETARIO DE JURADO



Ing. ANTONIO TIMANÁ FIESTAS M.sc
VOCAL DE JURADO



Ing. CARLOS SILVA CASTILLO
ASESOR



Br. ALIOSKA AGUIRRE MENDOZA
TESISTA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
Facultad de Ingeniería Civil
DECANATO

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los Miembros del Jurado Calificador, que suscriben, reunidos para estudiar el Trabajo de Tesis, presentado por la ex alumna de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Piura.

BACH. AGUIRRE MENDOZA ALIOSKA MARIA

TESIS TITULADA

"DISEÑO DE UNA TORRE AUTOSOPORTADA TRIANGULAR DE 60 METROS PORTADORA DE ANTENAS"

Oídas las observaciones y las respuestas a las preguntas, la declaran

Aprobada con el calificativo de..... *Bueno*

En consecuencia, queda en condiciones de ser calificada:

Apta

Por el Consejo de Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Piura, y recibir el **título de INGENIERO CIVIL**, de conformidad con lo estipulado en el Art. 176 del Estatuto General de la Universidad Nacional de Piura.

Piura, 20 de junio de 2017.

ING. CARMEN CHILON MUÑOZ M.Sc.
PRESIDENTE

ING. JULIAN FEDERICO DIENSTMAIER LEON
SECRETARIO

ING. ANTONIO TIMANA FIESTAS M.Sc.
VOCAL

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco primeramente a Dios por darme la fortaleza y valor necesarios para llegar a cumplir esta meta que he alcanzado.

Agradezco a mi familia especialmente a mis padres quienes han sabido ser mis guías y ya que gracias a su esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional me han permitido cumplir una meta más de superación profesional.

A la Universidad Nacional de Piura y en particular a los docentes de la facultad de Ingeniería Civil por haber participado de mi formación en los años de carrera, impartiendo sus conocimientos y experiencias.

Gracias también a mis amigos y compañeros por haber colaborado con sus ánimos.

Gracias por creer.

Muchas gracias a todos.

DEDICATORIA

A mis padres Juan y Nancy a quienes amo y admiro mucho, por ser la fuente de mi inspiración y motivación para superarme cada día. Gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí. Es un privilegio ser su hija, son los mejores.

RESUMEN

La presente investigación surge como resultado de la inquietud producida por la falta de una normativa adecuada de diseño en estructuras de telecomunicaciones de nuestro país, que incide en la falta de criterio de análisis y diseño estructural lo que puede influir en fallas por mal diseño y como consecuencia colapso de la estructura autosoportadas que afecta en la telecomunicaciones en época desastres naturales.

En la presente tesis se define una metodología para el análisis y diseño estructural de acuerdo con los códigos vigentes nacionales e internacionales que garanticen ante todo la filosofía de la ingeniería estructural, que es salvar vidas y evitar el colapso.

Se revisa la norma TIA/EIA-222-F aplicando a nuestro país para el análisis y diseño estructural de torres autosoportadas tipo celosía.

El programa de cálculo estructural MS-Tower fue emplea para el cálculo de la estructuras de dicho programa se muestra una pequeña guía de uso y familiarización en el manejo de este software así como también se explica su idealización matemática.

Se realiza el procedimiento para el diseño de la cimentación extrayendo las cargas provenientes de la torre para este caso en particular, se ha optado por la solución de losa de cimentación la cual se calcula en el programa Safe 12.

El diseño de pernos de anclaje de la estructura autosoportada a la cimentación de concreto reforzado se realizó de acuerdo a los lineamientos establecidos por el código ACI 318-08 demostrando valores adecuados de resistencia a los esfuerzos basales inducidos por tensión y corte.

Palabras claves: torres de telecomunicaciones, diseño, estructura de acero, cimentación.

ABSTRACT

The present research arises as a result of the concern caused by the lack of adequate design regulations in our country 's telecommunications structures, which affects the lack of analysis criteria and structural design, which can influence faults due to poor design and Resulting collapse of the self-supporting structure that affects telecommunications in times of natural disasters.

This thesis defines a methodology for the analysis and structural design in accordance with the current national and international codes that guarantee above all the philosophy of structural engineering, which is to save lives and avoid collapse.

The TIA / EIA-222-F standard is revised applying to our country for the analysis and structural design of self-supporting lattice towers.

The MS-Tower structural calculation program was used for the calculation of the structures of said program. It shows a small guide of use and familiarization in the handling of this software as well as explains its mathematical idealization.

The procedure for the design of the foundation is carried out by extracting the loads coming from the tower for this particular case, we have chosen the foundation slab solution which is calculated in the Safe 12 program.

The design of anchor bolts of the self-supporting structure to the reinforced concrete foundation was made according to the guidelines established by the code ACI 318-08 demonstrating adequate values of resistance to the stresses induced by tension and cut.

Key words: telecommunications towers, design, steel structure, foundations.

ÍNDICE GENERAL

Capítulo 1 : GENERALIDADES	15
1.1. Historia	15
1.2. Torres de telefonía móvil	16
1.2.1. Tipos de torres	16
1.2.1.1. Torres autosoportada	16
1.2.1.2. Torres arriostradas	17
1.2.1.3. Monopostes o Monopolos	18
1.2.2. Componentes de torres	20
1.2.2.1. Estructura principal	20
1.2.2.2. Escalera de acceso	20
1.2.2.3. Sistema de seguridad	21
1.2.2.4. Guía ondas o escalera de cables	22
1.2.2.5. Plataforma de trabajo y/o descanso	22
1.2.2.6. Brazo anti-torsión	22
1.2.2.7. Sistema de protección contra descargas	23
1.2.2.8. Sistema de señalización nocturno o balizamiento nocturno	24
1.2.2.9. Balizamiento diurno	25
1.2.2.10. Mimetizaciones	25
1.2.2.11. Conexión a red de tierras	27
1.2.2.12. Protección contra la corrosión	27
1.2.2.13. Cimentación	29
1.3. Normativa aplicada	32
Capítulo 2 : FUERZAS DE VIENTO PARA ESTRUCTURAS AUTOSOPORTADAS	34
2.1. Normas empleadas.	34
2.2. Velocidad básica de viento sin hielo.	34
2.3. Velocidad básica de viento con hielo.	34
2.4. Cargas o fuerza horizontal de viento de diseño.	36

2.5. Presión de velocidad (q_z):	36
2.5.1. El coeficiente de exposición (K_z)	37
2.6. Factor de ráfaga (GH)	37
2.7. Coeficiente de fuerza de las estructuras (CF)	38
2.7.1. Para estructuras reticuladas:	38
2.7.2. Para Monopolos:	39
2.9. Área proyectada efectiva de los componentes estructurales en una cara (AE)	40
2.10. Coeficiente de fuerza para accesorio lineal o puntual (CA)	41
2.11. Carga de viento de diseño sobre las riendas	41
 Capítulo 3 : MODELOS DE ANALISIS PARA TORRES AUTOSOPORTADAS	 43
3.1. Modelación de la estructura	43
3.2. Cargas	44
3.2.1. Cargas muertas	44
3.2.2. Cargas de viento	44
3.3. Diseño límite de resistencia o por supervivencia	44
3.3.1. Combinaciones de carga para estado límite de resistencia:	44
3.3.2. Aplicación de Fuerzas de viento a estructuras tipo Celosía:	45
3.4. Estado Límite de Servicio u Operacional	45
3.4.1. Efectos de desplazamiento:	45
3.4.2. Efectos de rotación:	47
 Capítulo 4 : CALCULOS JUSTIFICADOS	 48
4.1. Descripción de la estructura	48
4.2. Normas de diseño	50
4.3. Materiales	50
4.4. Cargas de diseño	50
4.4.1. Cargas Permanentes	50
4.4.1.1. Peso Propio (PP)	50
4.4.2. Cargas Eventuales	51
4.4.2.1. Viento (W)	51

4.5. Combinaciones de carga	52
4.6. Diseño de la torre empleando el programa MS-Tower	52
4.6.1. Descripción del programa	52
4.6.2. Datos de ingreso al programa	53
4.6.2.1. Geometría	53
4.6.2.2. Cargas de viento	58
4.6.3. Diseño por supervivencia: velocidad de viento 100km/h	61
4.6.4. Diseño por Operación: velocidad de viento 90km/h	73
4.6.4.1. Desplazamientos	73
4.6.4.2. Rotación	73
4.6.5. Reacciones en la base	74
4.7. Análisis de los resultados del cálculo estructural	75
 Capítulo 5 : DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN Y PERNOS DE FUNDACIÓN	 78
5.1. Proyecto Guzmango	78
5.1.1. Generalidades	78
5.1.1.1. Ubicación del proyecto	78
5.1.1.2. Acceso al área de estudio	79
5.1.1.3. Condición climática y altitud de la zona	79
5.1.2. Resumen de las condiciones de cimentación	80
5.2. Consideraciones para el diseño de cimentación	80
5.2.1. Comportamiento e idealización de la platea	80
5.3. Cargas proveniente de la torre	81
5.4. Esfuerzos actuantes en el suelo	83
5.4.1. Verificación de los esfuerzos máximos transmitidos por el terreno:	83
5.4.2. Verificación de las deformaciones máximas transmitidas por el terreno:	83
5.4.3. Diseño por flexión y cortante de la losa de cimentación	84
5.5. Diseño de refuerzo en la losa de cimentación	85
5.6. Calculo de Plancha Base y pernos de anclaje	86
5.6.1. Reacciones máximas (cargas últimas)	86
5.6.2. Propiedades del Material	87

5.6.3. Dimensionamiento:	87
5.6.4. Modelo Espacial de plancha base en SAP2000	87
5.6.5. Cargas	89
5.6.6. Momentos	90
5.6.7. Momento Resistente de la Plancha Base	91
5.6.8. Verificación de Pernos	91
5.6.8.1. Tracción	91
5.6.8.2. Cortante	96
CONCLUSIONES	95
RECOMENDACIONES	96
BIBLIOGRAFIA	102
ANEXOS	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1: Torre Autosoportada Triangular	16
Figura 1. 2: Torre Autosoportada cuadrada.....	17
Figura 1. 3: Torre Ventada	18
Figura 1. 4: Monopolo	19
Figura 1. 5: Monopolo Mimetizado.....	19
Figura 1. 6: Torre autosoportada cuadrada.....	20
Figura 1. 7: Operario subiendo por escalera de acceso	21
Figura 1. 8: Operario subiendo torre con sistema de seguridad.	22
Figura 1. 9: Montaje de Plataforma de trabaja en Monopolo	22
Figura 1. 10: Estabilizador en torre ventada.....	23
Figura 1. 11: Pararrayo en tope de torre.	24
Figura 1. 12: Balizamiento nocturno	24
Figura 1. 13: Balizamiento diurno.....	25
Figura 1. 14: Mimetizaciones	26
Figura 1. 15: Conexión a red de tierras	27
Figura 1. 16: Proceso de Galvanizado de perfiles metálicos	28
Figura 1. 17: Zapatas aisladas.....	30
Figura 1. 18: Zapatas conectadas.....	31
Figura 1. 19: Losa de cimentación.....	31
Figura 1. 20: Pilotes.....	32
Figura 1. 21: ANSI TIA/EIA.....	33
 Figura 2. 1: Mapa de Isótacas	 35
Figura 2. 2: Operario subiendo por escalera de acceso	40
Figura 2. 3: Fuerza de viento sobre las riendas	42
 Figura 3. 1: Modelo en 3D de torres autosoportada	 43
Figura 3. 2: Relaciones altura/ancho	46
Figura 3. 3: Desplazamiento de torre.....	46
Figura 3. 4: Rotación de torre.....	47
 Figura 4. 1: Geometría y distribución de antenas	 49

Figura 4. 2: Elevación de torre tramo inclinado	53
Figura 4. 3: Elevación de torre tramo recto	54
Figura 4. 4: Sección transversal de la torre tramo recto	54
Figura 4. 5: Elevación de torre tramo inclinado	54
Figura 4. 6: Sección transversal de la torre tramo inclinado	54
Figura 4. 7: Forma de la cara del panel.	55
Figura 4. 8: Forma de la planta del panel.	55
Figura 4. 9: Orientación de la sección	58
Figura 4. 10: Orientacion de la sección	58
Figura 4. 11: Vista principal de ratios de esfuerzos en la estructura.	61
Figura 5. 1: Ubicación de Guzmango. GoogleMaps	79
Figura 5. 2: Calle La libertad acceso de entrada al distrito de Guzmango.	79
Figura 5. 3: Modelo estructural de la platea de cimentación.	81
Figura 5. 4: Cargas provenientes de la torre aplicadas sobre el pedestal	82
Figura 5. 5: Cargas provenientes de la torre aplicadas sobre el pedestal	82
Figura 5. 6: Presiones en el suelo debido a cargas de gravedad (CM +CV)	83
Figura 5. 7: Deformaciones en el suelo debido a cargas de gravedad.	84
Figura 5. 8: Distribución de momentos flectores.	84
Figura 5. 9: Distribución de fuerzas cortantes.	85
Figura 5. 10: Detalle del refuerzo en platea de cimentación.	86
Figura 5. 11: Modelación 3D de plancha base y cartelas	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I: Factores de dirección del viento.....	41
Tabla II: Coeficiente de fuerza (CF) para estructuras tipo monoposte en voladizo	39
Tabla III: Coeficiente de fuerza para accesorios	41
Tabla IV: Mass Summary.....	73
Tabla V: Envelope of tower rotations.....	73
Tabla VI: Support reactions (applied to tower)	74
Tabla VII: Ratio de Montantes	76
Tabla VIII: Ratio de Diagonales.....	76
Tabla IX: Ratio de Horizontales	77
Tabla X: Reacciones Caso 510	82
Tabla XI: Reacciones Caso 570.....	82
Tabla XII: Diseño por Flexión.....	85
Tabla XIII: Reacciones máxima (kN)	86
Tabla XIV: Reacciones máxima (Tn).....	86
Tabla XV: Acero	87
Tabla XVI: Concreto Armado	87
Tabla XVII: Propiedades dimensionales de los anclajes roscados hormigonados in situ	99

Capítulo 1

GENERALIDADES

1.1. Historia

Con el descubrimiento de las ondas electromagnéticas en siglo XIX por el físico escocés James Clerk Maxwell, hoy en día la telecomunicación es indispensable para el hombre, permitiendo diseñar sistemas que nos permiten la comunicación a largas distancias mediante la transmisión y recepción de señales, para lo cual es indispensable el uso de estructuras tipo torre como medio de soporte para los diferentes dispositivos de emisión y recepción de señales.

En 1983 Motorola lanza al mercado el primer celular del mundo después de haber invertido 100 millones de dólares y 15 años para desarrollar esta tecnología, pero a nuestro país llegaron siete años después

En abril de 1990 solo el 3% de la población nacional tenía un teléfono fijo, el internet era algo de lo que se escuchaba hablar en entornos académicos, pero que no se utilizaba ni en los mejores sueños y el acceso a la información era un privilegio. Las noticias se leían en el diario, se esperaba a poder ver a alguien para hablarle y las cartas se escribían en papel y se enviaban por correo.

Hoy tenemos un 105% de penetración de la telefonía móvil en la población, lo cual quiere decir que prácticamente cualquier peruano, sin importar su condición económica y social, posee un terminal móvil. Además la tercera parte de las 30 millones de líneas activas se calcula que usan un Smartphone, lo cual quiere decir que viven la experiencia de acceder a internet desde el celular. Y la historia recién empieza. (Berckemeyer Olachea, 2015)

Del año 1990 a la fecha, la comunicación inalámbrica en Perú ha tenido una creciente demanda de parte de la población, lo que ha generado la necesidad de la infraestructura necesaria y adecuada que permita la instalación de equipos y antenas de radiofrecuencia y transmisión para un adecuado servicio de comunicación en tiempo real por parte de los operadores encargados de dar estos servicios, tanto de voz y datos. A la fecha en nuestro medio están operando cinco empresas de telefonía celular o móvil las que han tenido la necesidad de instalar estructuras que soporten las antenas en todo el territorio nacional apegados a criterios de diseños de la norma TIA/EIA-222-F, tales como estructuras de torres autosoportadas, estructuras de torres arriostradas y estructuras tipo monopolo y las principales características de estas estructuras se detallan posteriormente.

1.2. Torres de telefonía móvil

1.2.1. Tipos de torres

1.2.1.1. Torres autoportada

Son estructuras metálica autoestable reticulada que se puede soportar por sí misma, es decir no requiere de elementos externos para sostenerse como es el caso de las torres arriostradas, las cuales necesitan el uso de cables y/o arriostres para mantenerse en pie. Estas estructuras normalmente se instalan a nivel de suelo (greenfield) o en casos muy especiales, se pueden colocar sobre azoteas (rooftops) de edificios. La sección de este tipo de torres pueden ser triangular o cuadradas, estas a su vez se dividen en rectas y piramidales, y sus piezas se forman de montantes angulares o tubulares debidamente arriostradas en cada cara con diagonales angulares.

Las torres autoportadas están diseñadas para una solución con un alto rango de aplicaciones, ya que se pueden colocar en un espacio reducido y gran altura, se utilizan torres con alturas desde los 24 metros hasta los 200m.

Este tipo de estructuras es la más utilizada en Perú y se pueden observar en todo el país.

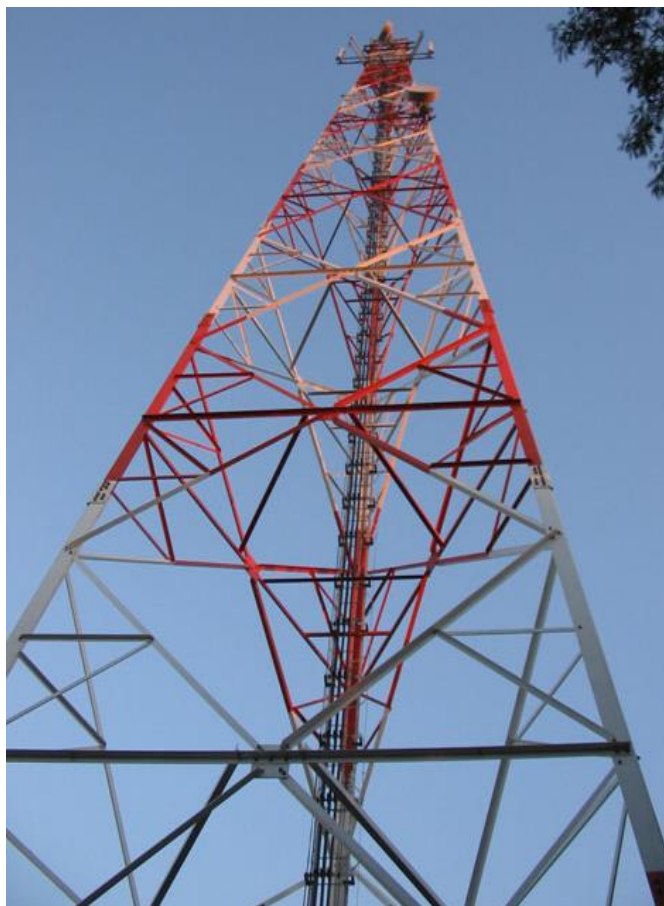


Figura 1. 1: Torre Autoportada Triangular



Figura 1. 2: Torre Autosoportada cuadrada

1.2.1.2. Torres arriostradas

Este tipo de estructuras son reticuladas, con secciones triangular y sus dimensiones de cara que oscilan entre 0.30 metros hasta 0.60 metros. Esta torre se fabrican en módulos de 6 metros totalmente armables en terreno, todos estos elementos se hayan unidos mediante pernos de alta resistencia.

La particularidad de este tipo de estructuras es la necesidad de accesorios externos como arriostres (denominados vientos), normalmente, a diferentes alturas para permitir su verticalidad y estabilidad, ya que por su gran esbeltez no pueden permaneces estables sin dichos accesorios; dependiendo de su altura se pueden utilizar 3, 6, 9 o más anclajes según sea el caso, por lo que necesitan de gran extensión de área, para logra anclar adecuadamente al suelo o azotea dichos tensores que en promedio deben ubicarse a un 25% o 30% de la altura total de la estructura tipo celosía. Dependiendo del grado de estabilidad exigida a la torre para el servicio que presten, (tanto en su movimiento vertical o rotacional) necesitaran de estabilizadores.

La base de la torre transmitirá un esfuerzo de compresión donde se encuentra apoyada, y los tirantes transmitirán esfuerzos de tracción.
El rango de alturas de estas torres está comprendido entre los 6 metros y los 90 metros

Son más económicas que las torres autoportadas y se implemente cuando el terreno disponible para su ubicación es amplio, ofreciendo una gran capacidad.

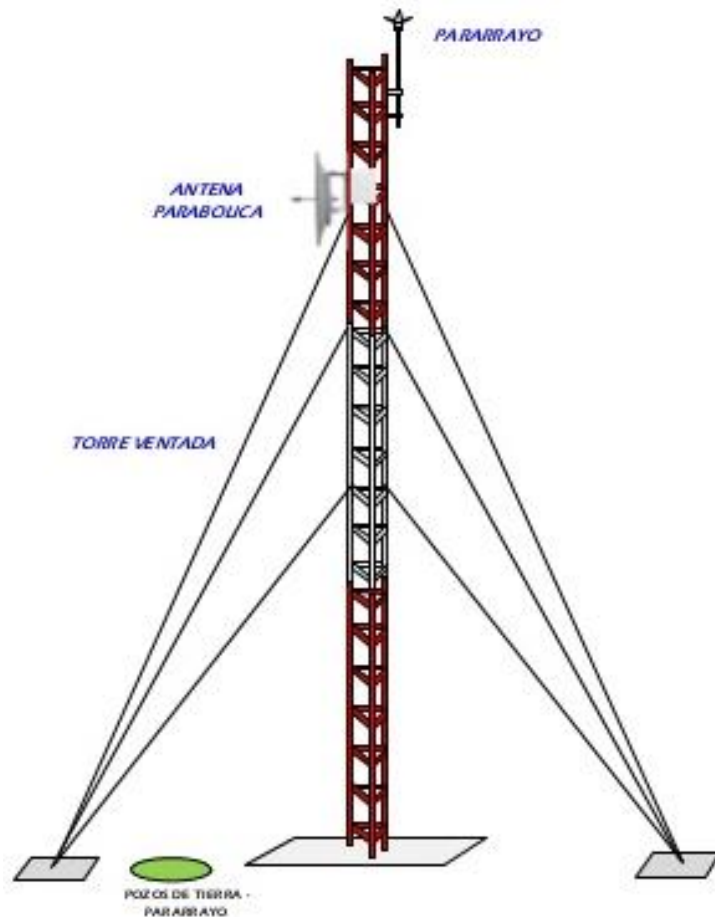


Figura 1. 3: Torre Ventada

1.2.1.3. Monopostes o Monopolos

Son estructuras troncocónicas con sección poligonal y un determinado número de caras -por lo general 12-, realizadas de planchas formando tubos cónicos de acero que encajan perfectamente unos sobre otros a fin de formar un polo estable.

Este tipo de estructura es ideal para espacios reducidos a nivel de suelo en lugares en donde no exista suficiente área para instalar una torre autoportada por sus distancias basales requeridas entre sus patas de apoyo o que no permitan una instalación de tensores idóneo para las estructuras arriostradas; las alturas están comprendidas entre los 12 metros y los 36 metros, pudiendo llegar a alturas superiores. Tiene la dificultad de necesitar vías de acceso que permitan ingresar grúas para el izado o montaje de una o varias secciones de dicho poste.

La principal característica de este tipo de torres es que son instaladas en lugares donde se requiere conservar la estética y no causar impacto visual en exceso, a menudo se pintan de un color o se adornan para que permitan pasar desapercibidas.



Figura 1. 4: Monopolo



Figura 1. 5: Monopolo Mimetizado

1.2.2. Componentes de torres

1.2.2.1. Estructura principal

Su principal función es proporcionar un soporte adecuado a todo tipo de antenas y componentes a instalar en las torres. Debe proporcionar la estabilidad y resistencia necesarias, y proporcionar la altura adecuada para que el campo de acción de los componentes de telecomunicación realice su tarea y no se vea obstaculizado por otros elementos. Siempre buscando la solución más económica y ligera posible.

Está conformado por las patas principales, cerramientos horizontales, cerramientos diagonales, cerramientos secundarios, placas de unión de cerramientos diagonales y secundarios, diafragma y tornillería.

Suelen estar realizadas de perfiles de acero laminado en caliente de diversos tipos (planchas de acero para la torre tipo monopolo), fabricados por la propias empresas o bien utilizando materiales prefabricados, estos perfiles están catalogados en la norma.



Figura 1. 6: Torre autosoportada cuadrada

1.2.2.2. Escalera de acceso

Estas escaleras se encuentran fijas situadas verticalmente a lo largo de la torre, mediante elemento de ensamblaje, y permiten el acceso a la torre a cualquier altura, para cualquier labor de mantenimiento o instalación. Puede ser interior o en casos donde el tamaño de la torre no es suficiente esta se colocará en un lateral.

Están compuestas por peldaños de hierro redondo y por normativa han de tener estos una medida de 40cm.

Para estructuras que formen con la horizontal un ángulo menor de 30° y su paso sea inferior a 37cm se podrá utilizar el reticulado como escalera. (Vidal San Román, 2011)



Figura 1. 7: Operario subiendo por escalera de acceso

1.2.2.3. Sistema de seguridad

Por normativa en Prevención de Riesgos Laborales, toda torre debe estar provista de un sistema de seguridad o una línea de vida, a la cual toda persona que desee acceder debe utilizar, conectándose a él mediante su arnés o cinturón.

Existen varios tipos, pero el más utilizado en la actualidad por la operadoras de telefonía móvil, es el Gamesystem, este se conforma de un cable fiador de acero tendido a lo largo de la torre y conectándose a él mediante un carrito deslizante, que permite subir y bajar de la torre, pero ante un sobreesfuerzo instantáneo sufre un bloqueo, que evita la caída.



Figura 1. 8: Operario subiendo torre con sistema de seguridad.

1.2.2.4. Guía ondas o escalera de cables

Este elemento permite facilitar el recorrido de los cables que unen antenas y equipos a lo largos de las torres. Se deben instalar una en la cara a lo largo de la torre.

1.2.2.5. Plataforma de trabajo y/o descanso

Deben existir en toda torre unas plataformas de trabajo y de descanso a lo largo de esta, para la instalación y mantenimientos de todo tipo de elementos de telecomunicaciones. Se encuentran situadas a las alturas requeridas, en el caso de las plataformas de trabajo circundan todo el perímetro de la torre, es decir los 360°, para facilitar cualquier tipo de operación sobre esta. Por el contrario las plataformas de descanso, suelen tener un tamaño reducido, pues su misión es proporcionar un espacio al trabajador donde poder realizar una pausa, sin correr ningún riesgo, al subir o bajar de la torre. Su estructura suele estar fabricadas del material de la torre y se completan con puertas abatibles y barandillas de protección. (Vidal San Román, 2011)



Figura 1. 9: Montaje de Plataforma de trabajo en Monopolo

1.2.2.6. Brazo anti-torsión

También conocido como estabilizador, este componente se emplea únicamente en las torres arriostradas. Consiste en una estructura auxiliar sobre la torre cuya función es impedir la posible torsión, producida por el efecto de las cables que sujetan la estructura, ya que la acción de estos tiende a desestabilizarla creando momentos torsores en los puntos de anclaje de la torre.



Figura 1. 10: Estabilizador en torre ventada

1.2.2.7. Sistema de protección contra descargas

La protección en una torre contra tormentas eléctricas en ningún caso puede ser absoluta, pero sí que se puede realizar una protección adecuada basada en la experiencia adquirida con los años y por medio del conocimiento electrostático del rayo.

La protección contra descargas eléctricas atmosféricas en las torres se efectúa mediante la colocación de pararrayos en la cúspide de la misma y un cable a lo largo de toda la longitud de la torre hasta la tierra. Aunque en la práctica suele ser más conveniente la utilización de la propia torre para llevar la energía del rayo hacia la tierra ya que es menor su inductancia.

Es importante una correcta protección ya que es posible de que una descarga eléctrica atmosférica impactase en la torre, esta ha de poder conducir la mayoría de la corriente hacia la tierra y reducir al máximo el impacto de este sobre los equipos de transmisión. (Vidal San Román, 2011)



Figura 1. 11: Pararrayo en tope de torre.

1.2.2.8. Sistema de señalización nocturno o balizamiento nocturno

El balizamiento nocturno consiste en la instalación de un equipo de baliza en la cúspide de las torres y un equipo de reserva, tal y como obliga el reglamento de la O.A.C.I. (Organización Internacional de la Aviación Civil).

Su principal función es el impacto de aeronaves durante la noche o en situaciones de visibilidad reducida, se han de colocar en estructuras que superen los 25m.

Funcionan mediante una cédula que capta la luminosidad, y toma los valores, cuando esta es inferior al dato que tiene almacenado, automáticamente se activan.



Figura 1. 12: Balizamiento nocturno

1.2.2.9. Balizamiento diurno

Para el balizamiento diurno se utilizará pintura acrílica, látex base agua o poliuretano en franjas de colores rojo y blanco alternados, cumpliendo así el reglamento de la O.A.C.I. (Organización Internacional de la Aviación Civil).

Este se ha de componer de 7 franjas, siendo 4 de estas rojas y la 3 restantes blancas. Por tanto, siempre se ha de iniciar con rojo y ha de terminar se con el mismo color.

Este tipo de balizamiento no es obligatorio para todas las torres, únicamente se aplicará en zonas dónde sea zona de paso de aeronaves y zonas colindantes.

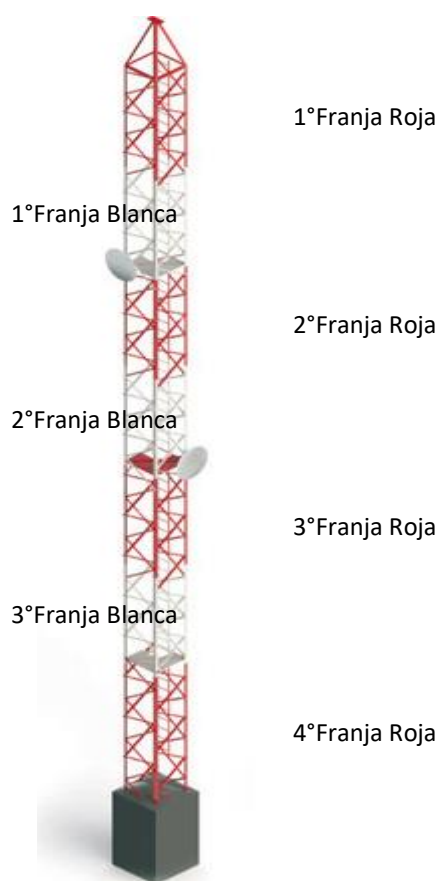


Figura 1. 13: Balizamiento diurno

1.2.2.10. Mimetizaciones

En la actualidad además de la instalación de torres monopolo, se están instalando debido a la repercusión que está teniendo el tema de la radiaciones en cuanto a la salud, se está procediendo a instalar algunos adornos cuya misión es ocultar las antenas y equipos de transmisión, y no causar un fuerte impacto visual.

Se aprovecha estas pequeñas estructuras, para la instalación de carteles publicitarios, suelen ser cilíndricos o triangulares, y suelen estar realizados de fibra de carbono, que permitan pasar las radiaciones que emiten las antenas a través de ellas.

Es muy importante tener en cuenta este tipo de objetos, a la hora de realizar el cálculo de estructuras puesto que aumenta el peso y resistencia al viento.



Figura 1. 14: Mimetizaciones

1.2.2.11. Conexión a red de tierras

Mediante esta medida se consigue que la torres pueda enviar al sistema de tierras cualquiera de las posibles descargas eléctricas que pueda recibir, y reducir al máximo el impacto de estas sobre los equipos que trabajan en la estación base.

Se realiza soldando un cable de cobre o aluminio forrado a cada una de las patas de la torre y conectando dicho cable con la red de tierras. Es importante que el cable de tierra se encuentre forrado, ya que si no debido al entrar en contacto con el acero, formaría celda galvánica y en consecuencia el acero se corroe con el consiguiente deterioro y pérdida de propiedades de las estructura.



Figura 1. 15: Conexión a red de tierras

1.2.2.12. Protección contra la corrosión

Resulta fundamental una correcta protección contra la corrosión en los elementos que configuran la totalidad de la torre, desde perfiles hasta soldaduras, pasando por tuercas, tornillos y demás accesorios, ya que la aparición de esta puede suponer la degradación de la estructura y sistemas con la correspondiente pérdida de producto y aumento del riesgo de accidentes. (Vidal San Román, 2011)

La corrosión de estos elementos viene dada por el tipo de atmósfera que predomina en el lugar donde se hallen situadas. Siempre será necesario proteger los elementos de acero mediante un tratamiento superficial a base de cincado electrolítico consistente en la inmersión de todos sus elementos en zinc en estado de fusión con espesores que estarán determinados según la mayor o menos agresividad de la atmósfera que los envuelve, debiendo tomar mayores precauciones en la zona de ambiente más dañino como industrias, ciudades y costas marítimas, esto es, aplicando capas adicionales de pinturas protectoras que se adhieran al zinc.

La elección del galvanizado proporcionará las siguientes propiedades;

- Mayor duración, se acepta como regla general que la duración de la protección que proporcionan los recubrimientos galvanizados, en un

ambiente determinado, es directamente proporcional, es espesor de los mismos.

- Evita el mantenimiento, la elevada duración de la protección que proporcionan los recubrimientos galvanizados, que supera frecuentemente la vida en servicio prevista para las instalaciones, hace innecesario, en la mayoría de los casos, el mantenimiento de las construcciones de acero galvanizado.
- Bajo costo; el costo que supone el galvanizado que, en muchas ocasiones, es inferior a otro posibles recubrimientos alternativos, unido a la elevada duración de estos, dan como resultado que este procedimiento sea el más económico de todos los conocido para la protección a largo plazo de construcción metálicas de acero.
- Mayor resistencia; el proceso de galvanización en caliente produce un recubrimiento de zinc que está unido metalúrgicamente al acero de base a través de una serie de capas de aleaciones zinc-hierro. No existe ningún otro recubrimiento que posea esa característica, que es la que confiere el acero galvanizado su elevada resistencia a golpes y a la abrasión, que es de gran importancia para evitar el deterioro de recubrimiento durante el manejo, transporte, almacenamiento y montaje del material galvanizado.
- Recubrimiento integral; debido al proceso de galvanizado mediante al inmersión, la totalidad de la superficie de las mismas queda recubierta, tanto interior como exteriormente.
- Fácil soldadura, se pueden unir fácilmente elementos galvanizado mediante métodos de soldadura que se utilizan normalmente para el acero negro, como la soldadura eléctrica por arco (manual o automática), por resistencia, por inducción, etc. La única precaución a tener en cuenta es adecuar la técnica operatoria y los parámetros de soldeo a las condiciones particulares del material galvanizado.



Figura 1. 16: Proceso de Galvanizado de perfiles metálicos

1.2.2.13. Cimentación

La cimentación para implantar una torre autosoportada es de suma importancia, ya que de esta depende la seguridad de la torre, sobre todo el momento de vuelco y la resistencia a las fuerzas que presentan las cargas que soporta la torre (resistencia al viento) y del peso de toda la estructura.

Para la memoria de cálculo de la cimentación, se necesitan de los resultados de la mecánica de suelo del área donde se instalará la torre con el objeto de efectuar los cálculos más realistas posibles y en congruencia con las características del terreno.

El cimiento se define como aquella parte de la estructura encargada de transmitir las cargas actuantes sobre la totalidad de la construcción al terreno.

Dado que la resistencia y la rigidez del terreno son, salvo casos excepcionales, muy inferiores a las de la estructura, la cimentación posee un área en planta muy superior a la suma de áreas de todos los pilares. Esto conduce a que los cimientos sean en general piezas de volumen considerable, con respecto al volumen de las piezas de la estructura.

Los cimientos se construyen casi invariablemente en hormigón armado y, en general, se emplea en ellos hormigón de calidad relativamente baja, ya que generalmente no resulta económicamente interesante el empleo de hormigones de resistencia mayores.

Las estructuras de cimentación son, con frecuencia, elementos tridimensionales, e incluso cuando están constituidas por elementos lineales, suelen ser altamente hiperestáticas. Su cálculo preciso resulta muy complejo, por lo que los programas de ordenador han venido a suministrar una gran ayuda para bastantes casos, pero no debe olvidarse que el conocimiento todavía imperfecto de las características del suelo, de las del material del hormigón y de las piezas de hormigón armado, hacen que sea difícil obtener esa precisión.

Por ello, a la hora de proyectar cimientos, se ha de ser especialmente cuidadoso con los métodos de cálculo que se elijan y especialmente prudente al aplicarlos. En ese sentido no debe olvidarse que las cimentaciones usualmente suelen estar ocultas y formadas por piezas generalmente rígidas comparadas con las de la estructura.

Por tanto, el fenómeno de la fisuración, que es un excelente síntoma de aviso propio de las estructuras de hormigón, no es observable en los cimientos. Tampoco las deformaciones de un cimiento excesivamente solicitado suelen ser tan importantes como para constituir un síntoma visible. Todo ello acentúa la necesidad de una especial prudencia y cuidado, tanto en la concepción como en los detalles a proyectar y construir cimentaciones.

El primer paso que se ha de dar a la hora de calcular la cimentación adecuada para la torre de telefonía móvil que se está estudiando consiste en aclarar que el cálculo de esta cimentación no pretende ser un cálculo al detalle, entre otros motivos porque se carece de la información necesaria para poder alcanzar un valor exacto de las dimensiones necesarias del apoyo en cuestión. En particular se requeriría conocer las características del suelo en el que se va a implantar la estructura y hacer un estudio geotécnico, dónde

se puedan facilitar datos, como resistencia del suelo, tensiones admisibles, la naturaleza del terreno, etc.

Por lo tanto, la finalidad de este apartado es la de hacer una primera aproximación a la dimensiones de la cimentación correspondiente.

Las cimentaciones se pueden clasificar según;

- Cimentaciones superficiales:

Se trata de las cimentaciones que se encuentran al nivel inferior de la estructura o próximo a este, el terreno presenta características adecuadas desde los puntos de vista técnicos y económicos para cimentar sobre él.

Las cimentaciones superficiales o directas engloban las zapatas en general y las losas de cimentación.

Los distintos tipos de cimentación superficial dependen de las cargas que sobre ellos actúan, esto es;

- Puntuales: Zapatas aisladas
- Lineales: Zapatas corridas
- Superficiales: Losas de cimentación

Las zapatas son el tipo más frecuente y se emplean cuando el terreno tiene, ya en su superficie, una resistencia media o alta en relación con las cargas de la estructura.

Las losas se emplean en zonas menos resistente o menos homogéneas o bajo estructuras más pesadas y menos deformables, con ellas aumenta la superficie de contacto y se reducen los asientos diferenciales.

Las losas son más económicas que las zapatas si la superficie total de estas es superior a la mitad de la superficie cubierta por la estructura, debido al menos espesor del hormigón y menos cuantía de armaduras, a una excavación más sencilla y a un ahorrado de encofrados.



Figura 1. 17: Zapatas aisladas



Figura 1. 18: Zapatas conectadas

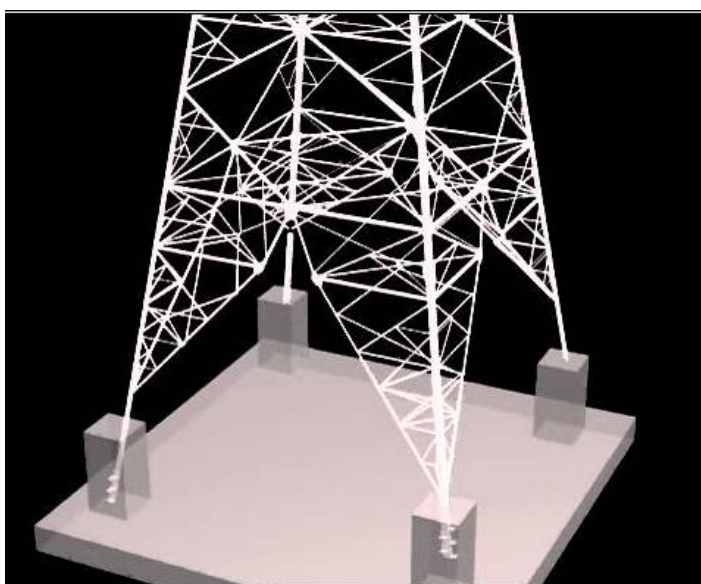


Figura 1. 19: Losa de cimentación

- **Cimentaciones profundas:**
Si el nivel apto para cimentar está muy por debajo de la zona inferior de la estructura, la excavación necesaria para proceder a una cimentación directa sería muy costosa y se recurre a una cimentación profunda, constituida por pilotes o pozos de cimentación.
Los pilotes se emplean, en general, cuando el terreno resistente está a profundidades superiores a los 5 o 6 metros, cuando el terreno es poco consistente hasta una gran profundidad, cuando existe una gran cantidad de agua en el terreno, y cuando deben resistir acciones horizontales de cierta importancia.

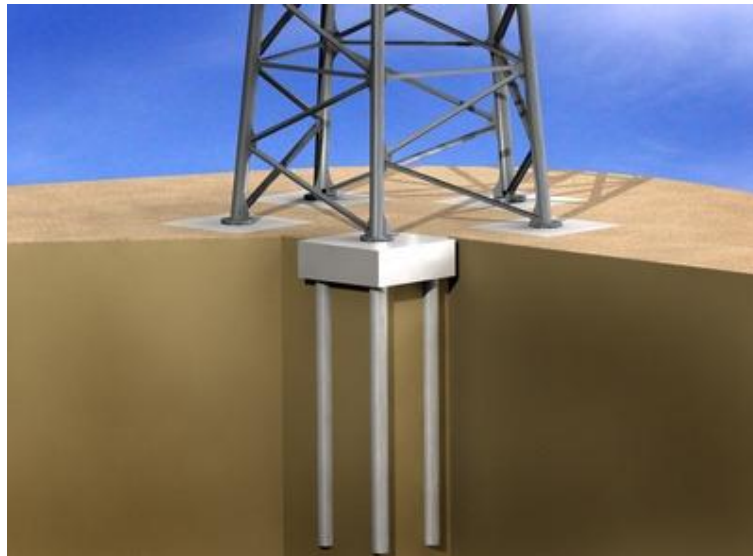


Figura 1. 20: Pilotes

1.3. Normativa aplicada

La industria de la construcción de torres para telecomunicaciones, dentro del territorio Peruano, no está regulada y reglamentada, por lo que las empresas se han valido de normas y reglamentaciones de otros países para lograr estandarizar los procesos y lograr que los fabricantes, diseñadores e instaladores tengan un marco de referencia para darle garantía y homologar los procesos para facilitarse de ese modo, el costeo de obra, los alcances de obra, el diseño y la implementación de los proyectos.

A continuación, se enumera cada uno de los ejemplares que contienen los lineamientos a cumplir en el diseño y cálculo de estructuras metálicas para soportes de antenas y sus cimentaciones, es aplicable a todas las estructuras metálicas destinadas a ser utilizadas como soporte para antenas y a algunas o todas las tareas siguientes:

- Análisis estructural
- Fabricación
- Transporte
- Montaje
- Desmontaje

Se encontró que la mayoría de fabricantes, diseñadores e instaladores, aplican las siguientes normas como guía para las tareas anteriormente mencionadas:

- ASTM: American Society for Testing and Materials.
- ANSI TIA/EIA-222-F: Structural Standard for Antenna Towers and Antenna Supporting Structures.
- AISC: American Institute of Steel Construction.
- ACI: American Concrete Institute.
- AWS D1.1: American Welding Society code-steel.

Para la industria, la más utilizada es la TIA/EIA-222-F, por lo que esta será la principal herramienta para esta práctica y de esa manera tener un lenguaje internacional de amplio uso dentro de la industria de telecomunicaciones, para la creación de infraestructura. (Boj Guare, 2013)

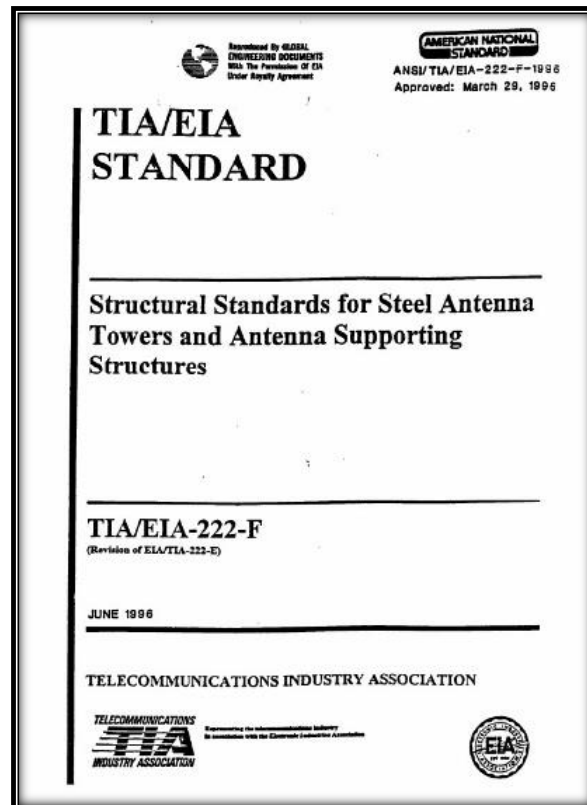


Figura 1. 21: ANSI TIA/EIA

Capítulo 2

FUERZAS DE VIENTO PARA ESTRUCTURAS AUTOSOPORTADAS

2.1. Normas empleadas.

El registro que se tiene originalmente de uso de normas en Perú considerarse que inició bajo la norma EIA 222F, principalmente que para el diseño de torres de telefonía celular debemos apoyarnos en el reglamento Structural Standards for Steel Antenna Towers and Antenna Supporting Structures, TIA/EIA-222-F

2.2. Velocidad básica de viento sin hielo.

Velocidad máxima del viento en una milla 10m sobre el nivel del terreno correspondiente a una probabilidad anual de 0,02 (intervalo de recurrencia de 50 años). Se recomienda utilizar el Mapa de zonas de velocidad básica del viento para Perú según RNE E.020 el cual se muestra en el mapa 1 con velocidades expresadas en kilómetros/hora (kph).

Para fines de utilización en esta norma la velocidad básica de viento puede tomar las dimensionales de metros/segundo (m/s) o millas/hora (mph).

2.3. Velocidad básica de viento con hielo.

Esta norma no establece específicamente un requisito sobre el hielo. Dependiendo de la altura, elevación y condiciones de exposición de la torre, la carga de hielo puede representar una carga significativa para la estructura. Si la estructura está ubicada en un sitio donde se prevé acumulación hielo, la norma TIA/EIA-222-F considera una combinación de viento y hielo sobre la estructura a analizarse implica la reducción de la velocidad básica de viento sin hielo en un promedio de 25 %.

Perú es un país tropical por lo que las condiciones climáticas no se prestan para sufrir las inclemencias de una nevada o acumulación de hielo sobre estructuras de telecomunicaciones tal y como sucede principalmente en Estados Unidos en la época de invierno.

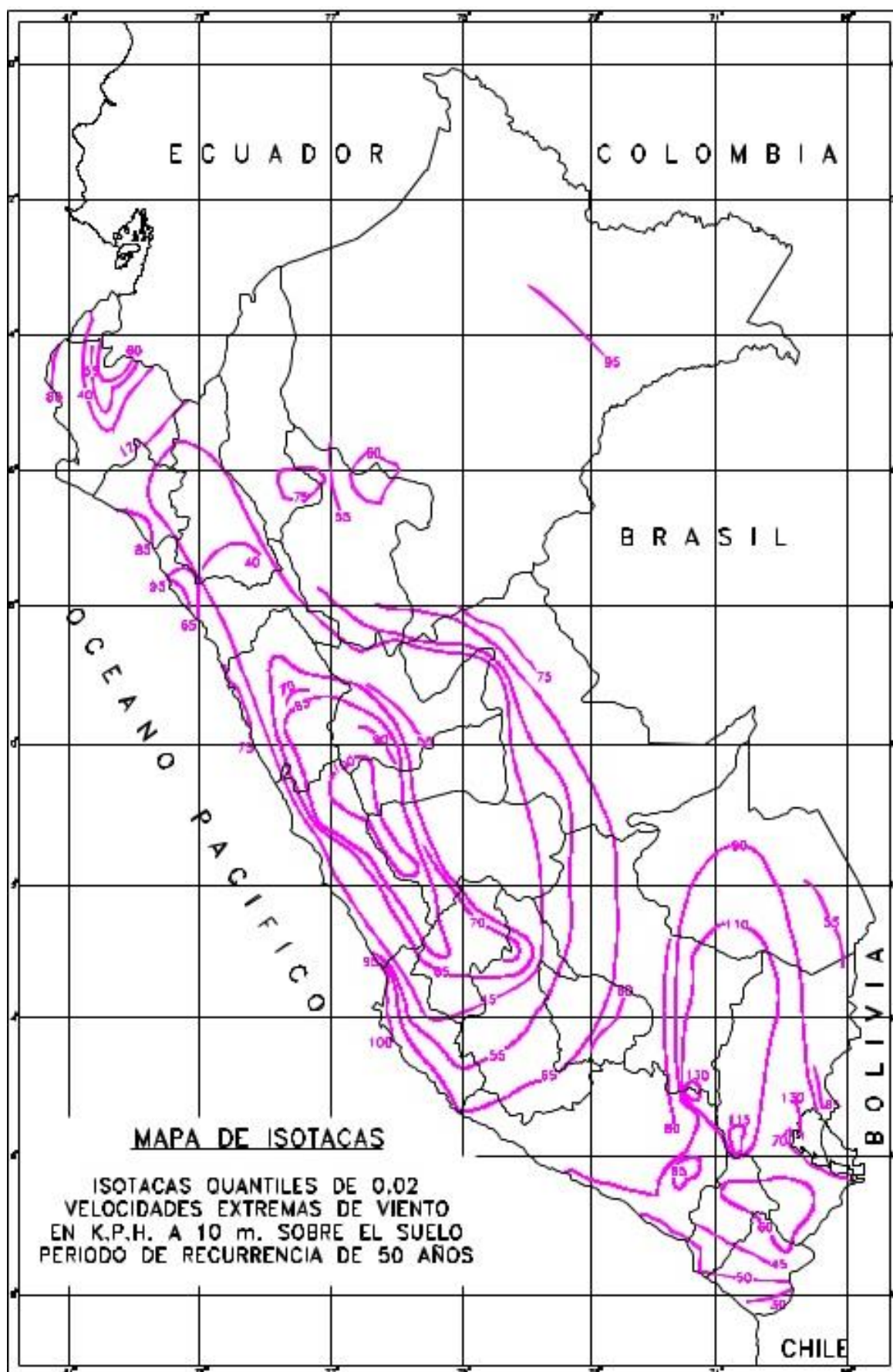


Figura 2. 1: Mapa de Isótacas

2.4. Cargas o fuerza horizontal de viento de diseño.

La carga o fuerza horizontal de viento de diseño deberá incluir la suma de las fuerzas de viento de diseño horizontal aplicados a la estructura en la dirección del viento y el diseño de fuerzas de viento sobre accesorios propios de la estructura.

Todos los accesorios de la estructura, incluyendo antenas, soportes de antenas, escalerillas y líneas de cables, deberán asumirse que permanecerán intactos y fijados a la estructura.

El diseño por resistencia deberá basarse sobre la resultante de la dirección del viento en su máxima respuesta. En el caso de estructuras tipo celosía, cada dirección del viento indicada en la Tabla I deberá considerarse por cada cara de la estructura autosoportada. (Telecommunications Industry Associations, 1996)

La fuerza de viento de diseño sobre la estructura, F_{st} aplicada a cada sección deberá ser determinada de acuerdo con lo siguiente:

$$F_{st} = q_z G_H [C_F A_E + \Sigma (C_A A_A)] \quad (1b) \quad [N]$$

Ec. (1.1)

Pero no debe ser mayor que $2 q_z G_H A_G$

Dónde:

- q_z = Presión de velocidad, (Pa)
- G_H =Factor de ráfaga para velocidad máxima del viento en una milla.
- C_F =Coeficiente de fuerza de la estructura.
- A_E =Área proyectada efectiva de los componentes estructurales en una cara, (m^2)
- C_A = Coeficiente de fuerza para accesorio lineal o puntual.
- A_A =Área proyectada de un accesorio lineal, (m^2)
- G_H =Factor de ráfaga para velocidad máxima del viento en una milla.
- A_G =Área bruta de una cara de la torre, determinada como si la cara fuera maciza, (m^2)

(Nota: Se debe suponer que todos los accesorios, incluyendo las antenas, montajes y líneas, permanecen intactos y unidos a la estructura independientemente de su capacidad de carga de viento.)

2.5. Presión de velocidad (q_z):

Haciendo las siguientes suposiciones válida para las velocidades de viento para las cuales se diseña las estructuras:

- El aire es un fluido no viscoso
- El aire es un fluido incomprensible

Bajo estas consideraciones la presión se puede evaluar bajo el principio de la presión dinámica con la ecuación de Bernoulli.

$$q = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \text{ (Pa)} \quad \text{Ec.1.2}$$

Dónde:

- q = Presión dinámica en (Pa)
- ρ = Densidad del aire (25°C), 1atm=1.226 kg/m
- V = Velocidad del viento (m/s)

Reemplazando los valores en las Ec.1.2 se tendrá:

$$q = \frac{1}{2} * 1.226 * V^2 = 0.613V^2 \quad \text{Ec.1.3}$$

La Ec.1.3 permite calcular la presión de velocidad teórico, para el caso de las estructuras tipo torre la presión de velocidades (q_z), se multiplica por el coeficiente de exposición (K_z) como lo indican las ecuaciones Ec.1.4 y Ec.1.5.

$$q_z = 0,00256 K_z V^2 \text{ (lb/ft}^2\text{)}; \text{ para } V \text{ en mi/h} \quad \text{Ec.1.4}$$

$$q_z = 0,613 K_z V^2 \text{ (Pa)}; \text{ para } V \text{ en m/s} \quad \text{Ec.1.5}$$

2.5.1. El coeficiente de exposición (K_z)

Contempla la variación de la velocidad del viento con la altura sobre el terreno y con la rugosidad de éste, por lo que está en función de la altura (z) por encima del nivel del terreno hasta el punto medio de la sección, accesorio o guía se calcula como se indica en las Ec.1.6 y Ec.1.7.

$$K_z = \left(\frac{z}{33}\right)^{\frac{2}{7}}; \text{ para } z \text{ en pies} \quad \text{Ec.1.6}$$

$$K_z = \left(\frac{z}{10}\right)^{\frac{2}{7}}; \text{ para } z \text{ en metros} \quad \text{Ec.1.7}$$

$$1,00 \leq K_z \leq 2,58$$

2.6. Factor de ráfaga (G_H)

Los efectos de fluctuaciones de la velocidad (ráfaga de viento) sobre la carga en la dirección del viento en edificios y otras estructuras, están contemplados mediante el uso de un efecto de ráfaga G_H . No se incluye en éste los efectos de cargas transversal al viento, desprendimiento de vórtices, inestabilidad debida a golpe, flameo o efectos dinámicos torsionales. (Telecommunications Industry Associations, 1996)

Para las estructuras reticuladas el factor de ráfaga (G_H) se debe calcular usando la siguiente ecuación:

$$G_H = 0,65 + \frac{0,60}{\left(\frac{h}{33}\right)^{\frac{1}{7}}} \text{ para } h \text{ en pies} \quad \text{Ec.1.8}$$

$$G_H = 0,65 + \frac{0,60}{\left(\frac{h}{10}\right)^7} ; \text{ para } h \text{ en metros} \quad \text{Ec.1.9}$$

$$1,00 \leq G_H \leq 1,25$$

Para las estructuras tipo monoposte el factor de ráfaga (G_H) debe ser igual a 1,69. Cuando sobre una estructura reticulada se monten estructuras tipo poste de acero tubulares o de celosía en voladizo, el factor de ráfaga para el poste y la estructura reticulada se debe basar en la altura de la estructura reticulada sin el poste. Las tensiones calculadas para las estructuras tipo poste y sus conexiones a estructuras reticuladas se deben multiplicar por 1,25 para compensar el mayor factor de ráfaga correspondiente a estructuras tipo poste montadas. Se debe aplicar solamente un factor de ráfaga para toda la estructura. (Telecommunications Industry Associations, 1996)

2.7. Coeficiente de fuerza de las estructuras (C_F)

2.7.1. Para estructuras reticuladas:

Se contemplan dos secciones transversales de torres básicas cuadrada y triangular. El parámetro “e”, utilizando en las expresiones para C_F , Ec.1.10 o calculado con la Ec.1.12, se define como la relación entre el área sólida y el área total de una cara de la torre para el segmento de torre en consideración. El coeficiente de fuerza se debe usar con el área A_F , definida como el área sólida de una cara de la torre proyectada sobre el plano de esa cara, para el segmento de torre bajo consideración.

Para las estructuras reticuladas, el coeficiente de fuerza (C_F) para cada sección de la estructura se debe calcular usando las siguientes ecuaciones:

$$\text{Secciones cuadradas: } C_F = 4,0e^2 - 5,9e + 4,0 \quad \text{Ec.1.10}$$

$$\text{Secciones triangulares: } C_F = 3,4e^2 - 4,7e + 3,4 \quad \text{Ec.1.11}$$

$$e = \text{relación de solidez} = (A_F + A_R)/A_G \quad \text{Ec.1.12}$$

Dónde:

- A_F = Área proyectada de los componentes estructurales planos en una cara de la sección. (m^2)
- A_G = Área bruta de una cara de la torre, determinada como si la cara fuera maciza. (m^2)
- A_R = Área proyectada de los componentes estructurales circulares en una cara de la sección y, si está especificado, área proyectada de hielo en los componentes estructurales planos y circulares. (Ver Figura 2.2).

2.7.2. Para Monopolos:

Para las estructuras tipo monoposte de acero, el coeficiente de fuerza de la estructura (C_F), se debe determinar a partir de la Tabla I.

Tabla I: Coeficiente de fuerza (C_F) para estructuras tipo monoposte en voladizo

C (mph ft)	Circular	16 lados $r < 0.26$	16 lados $r \geq 0.26$	12 lados	8 lados
<32	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
32 a 64	$\frac{130}{C^{1.3}}$	$1.78 + 1.40r - \frac{C}{91.5} - \frac{C(r)}{22.9}$	$0.72 + \frac{64 - C}{44.8}$	$\frac{12.5}{C^{0.6}}$	1.20
>64	0.59	1.08-1.40r	0.72	1.03	1.20
Unidades del SI					
C (mph ft)	Circular	16 lados $r < 0.26$	16 lados $r \geq 0.26$	12 lados	8 lados
<44	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
4.4 a 8.7	$\frac{9.74}{C^{1.3}}$	$1.78 + 1.40r - \frac{C}{12.5} - \frac{C(r)}{3.12}$	$0.72 + \frac{8.7 - C}{6.10}$	$\frac{3.78}{C^{0.6}}$	1.20
>87	0.59	1.08-1.40r	0.72	1.03	1.20
$C = \sqrt{K_z V D_p}$ para D_p en ft (m)					
Notas:					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Estos coeficientes de fuerza se aplican solamente a las estructuras tipo monoposte en voladizo aisladas o montadas en la parte superior de una estructura reticulada. 2. Los coeficientes de fuerza indicados toman en cuenta las reducciones de la carga de viento bajo condiciones de flujo supercrítico y, por lo tanto, no se aplican a los accesorios unidos a la estructura. En la Tabla II se indican los coeficientes de fuerza para los accesorios. 3. Cualquiera sea la geometría de la sección transversal, no es necesario que C_f sea mayor que 1,2 para ningún valor de C. 4. V es la velocidad básica del viento para la condición de carga investigada. 					

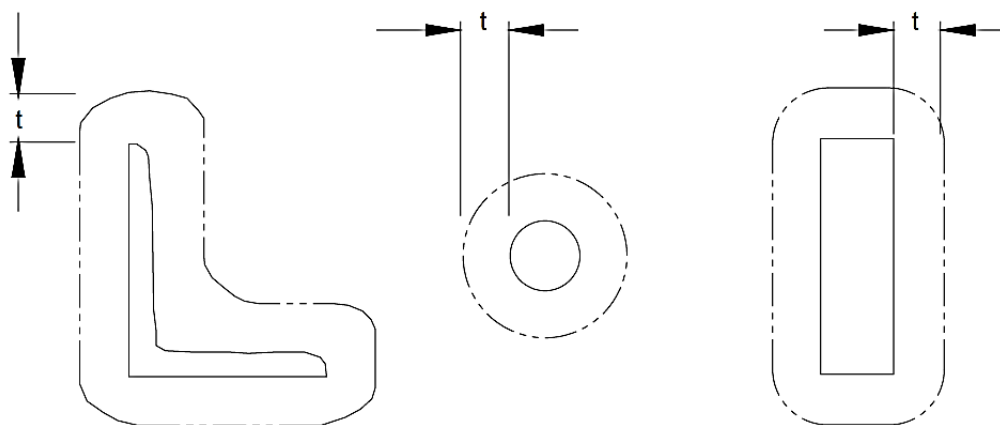
2.9. Área proyectada efectiva de los componentes estructurales en una cara (A_E)

El área proyectada de los componentes estructurales (A_E) para una sección se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$A_E = D_F + A_F + D_R + A_R + R_R \quad (\text{ft}) \quad (\text{m}^2)$$

- D_F = Factor de dirección del viento para componentes estructurales planos
- D_R = Factor de dirección del viento para componentes estructurales circulares
- A_F = Área proyectada de los componentes estructurales planos en una cara de la sección.
- A_R = Área proyectada de los componentes estructurales circulares en una cara de la sección
- AG = Área bruta de una cara de la torre, determinada como si la cara fuera maciza
- RR = Factor de reducción para componentes estructurales circulares
 $RR = 0,51e^2 + 0,57 \quad RR \leq 1,0$
- e = Relación de solidez = $(A_F + A_R)/AG$

Para las estructuras tipo monoposte de acero A_E debe ser el área proyectada real calculada en base al diámetro del poste o su ancho total. (Telecommunications Industry Associations, 1996)



t = Espesor radial de hielo especificado

Figura 2. 2: Operario subiendo por escalera de acceso

Nota: Se supondrá que, si está especificado, el hielo se acumula uniformemente sobre todas las superficies tal como se ilustra. El área proyectada adicional provocada por la acumulación de hielo se puede considerar cilíndrica, aunque el área proyectada sin hielo sea plana. En el caso de accesorios lineales poco espaciales con acumulación de hielo se debe considerar el cambio de geometría de circular a plana.

Tabla II: Factores de dirección del viento

Sección transversal de la torre	Cuadrada		Triangular		
Dirección del viento	Norma	$\pm 45^\circ$	Normal	60°	$\pm 90^\circ$
D_F	1.0	$1+0.75e$ (1.2 máx)	1.0	0.80	0.85
D_R	1.0	$1+0.75e$ (1.2 máx)	1.0	1.0	1.0
Direcciones del viento medidas de una línea normal a la cara de la estructura.					

2.10. Coeficiente de fuerza para accesorio lineal o puntual (C_A)

El coeficiente de fuerza C_A al aplicar el área proyectada de un accesorio lineal A_A que no se considera como un componente estructural se debe determinar a partir de la Tabla III.

Independientemente de su ubicación, los accesorios lineales no considerados como componente estructurales de acuerdo con TIA/EIA-222-F sección 2.3.6.3 se debe cumplir incluir el termino $\sum C_A A_A$.

Tabla III: Coeficiente de fuerza para accesorios

Tipos de miembro	Relación de aspecto ≤ 7	Relación de aspecto ≥ 25
	C_A	C_A
Plano	1,4	2,0
Cilíndrico	0,8	1,2
Relación de aspecto = Relación longitud total/ancho en un plano normal a la dirección del viento, (la relación de aspecto no es función de la separación entre puntos de apoyo de los accesorios lineales, ni tampoco se considera que la longitud de la sección tiene una fuerza uniformemente distribuida.		

2.11. Carga de viento de diseño sobre las riendas

La carga de viento de diseño sobre las riendas se debe determinar de acuerdo con la Figura 2.3. Se puede asumir una carga de viento de diseño uniforme en base a la presión de velocidad (q_z) a la mitad de la altura de cada rienda.

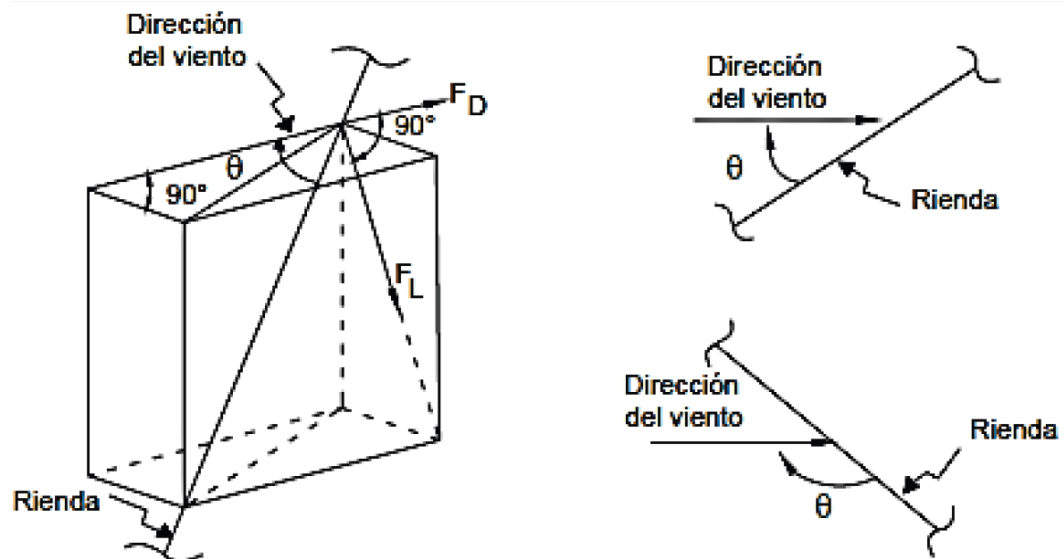


Figura 2. 3: Fuerza de viento sobre las riendas

Capítulo 3

MODELOS DE ANALISIS PARA TORRES AUTOSOPORTADAS

3.1. Modelación de la estructura

La presente propuesta se considerará un modelo de armadura tridimensional elástico, reproduciendo de forma detallada cada miembro que conforma la estructura tridimensional de sección triangular equilátera o cuadrada en dependencia de la torre analizada. Las montantes se consideraron continuas, desde la base hasta la cima, porque las uniones entre ellas son a tope con doble plancha y seis pernos en el sentido longitudinal (varía según diseño). La unión entre los elementos horizontales y montante, diagonales y montante se consideraron articuladas, debido a que la unión entre estos elementos se realiza mediante uno o dos pernos. Las condiciones de apoyo fueron consideradas empotradas. El material que conforma los elementos de las torres es acero de calidad A-36 y A572 Gr.50 sus propiedades se estimaron linealmente elásticas y constantes en el tiempo.

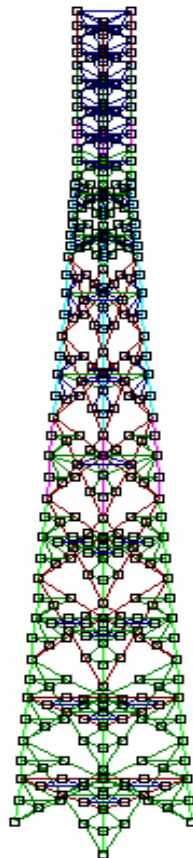


Figura 3. 1: Modelo en 3D de torres autoportada

3.2. Cargas

Una de las fases tal vez más difícil que se puede presentar para el cálculo estructural es la estimación de las cargas y sus posibles combinaciones a las cuales estará sujeta la estructura durante su vida útil sin omitir ninguna carga que pueda llegar a presentarse, entre las cargas principales se tendrá las siguientes:

3.2.1. Cargas muertas

Son consideradas cargas fijas o permanentes como la masa propia de la estructura, y también el peso de las antenas celulares, soporte de antenas, riendas, bandeja guía de onda, escalera, plataforma de trabajo, plataforma de descanso, pararrayo, etc.

La carga muerta correspondiente al peso de las antenas y accesorios se tomará directamente de la información proporcionada por el fabricante y su ubicación para el análisis en la torre depende tanto de la altura como del vértice en el que se encuentren las antenas.

3.2.2. Cargas de viento

En el diseño de torres para telecomunicación una de las cargas más importantes dentro del análisis es la carga de viento que influye sobre los miembros de la estructura y las antenas instaladas en ella siendo considerada la velocidad del viento constante en toda la estructura.

Cualquiera de las fuerzas ejercidas por una masa de aire en movimiento, que provoca una presión en ciertas partes de la estructura, mientras que se produce una succión en otras.

La estructura de la torre, es un sistema abierto en el cual las cargas de viento no inciden de manera importante en los esfuerzos y deformaciones de los elementos estructurales, sin embargo las cargas de viento en la estructura de la torre si son consideradas, para lo cual el programa de cálculo MS-Tower, las asume, claro está definiendo para esto la velocidad de viento de 100 km/h que se utilizó en las antenas.

3.3. Diseño límite de resistencia o por supervivencia

3.3.1. Combinaciones de carga para estado límite de resistencia:

Básicamente la estructura autoportada debe diseñarse para que su resistencia de diseño como mínimo sea igual o en mejor caso mayor que las solicitaciones que se producen por las cargas mayoradas para las combinaciones que se presentan a continuación como estado límite, las combinaciones de carga que deben aplicarse a la estructura son las siguientes:

- $D + W_O$
- $D + 0,75W_I + I$

Dónde:

- D = Carga permanente de la estructura incluyendo sus accesorios
- W_O = Carga de viento sobre la estructura sin hielo radial
- W_I = Carga de viento sobre la estructura con hielo radial

- I = Peso de hielo

3.3.2. Aplicación de Fuerzas de viento a estructuras tipo Celosía:

La fuerza horizontal de viento de diseño sobre la estructura en la dirección del viento, F_{st} deberá ser igualmente distribuida a cada junta de pata de la sección transversal en los puntos de panel de celosía tridimensional o modelos de marcos de armadura.

La fuerza de diseño de viento sobre accesorios, deberá ser distribuida a cada unión en la pata de acuerdo con la localización del accesorio.

Las fuerzas de peso y sismo deberán ser distribuidas y consideradas de igual manera.

En los modelos tridimensionales de reticulados o de pórticos y reticulados la fuerza de diseño horizontal que actúa sobre la estructura, F_{st} , se deberá distribuir igualmente a cada unión de un puntal de la sección transversal en los puntos de panel.

La fuerza de diseño horizontal, F_a , para los accesorios se deberá distribuir a cada unión de un puntal de acuerdo con la ubicación del accesorio (es decir, considerando la carga lateral y la torsión).

Para los componentes estructurales que soportan accesorios en la mitad central del componente se deberá considerar la flexión localizada. Para los elementos de arriostramiento principales, bajo esta condición, se deberá considerar la flexión localizada para la condición de viento normal al plano de los elementos de arriostramiento sin considerar ninguna carga axial en los elementos.

3.4. Estado Límite de Servicio u Operacional

Este se calculará con una velocidad de operación $V_{op} = 0.65V_r$ km/h pero no menor a 90 km/h. Deberá incluirse la totalidad del análisis para la obtención de las fuerzas gravitacionales así como el análisis para la obtención de desplazamientos y Oscilación máxima permitida en el tope de torre.

Antes de aplicar las combinaciones de carga del estado límite de resistencia, es necesario realizar una combinación de cargas para verificar que cumpla con los límites de deformaciones de desplazamiento y rotación.

La combinación de carga para el estado límite de servicio debe considerar el peso propio de la estructura más sus accesorios así como una velocidad básica de viento de 90 km/h de la siguiente manera:

- $D + W_O$

3.4.1. Efectos de desplazamiento:

El análisis de las estructuras tipo celosía para torres autoportadas, deberán tomar en cuenta los efectos de desplazamiento de las fuerzas en los miembros, efecto $P-\Delta$. El objetivo es evitar las excentricidades por las cargas gravitacionales que pueden producir aumento en las deflexiones horizontales y aumento en las fuerzas internas de la estructura tipo celosía autoportada.

No es necesario considerar los efectos $P-\Delta$ para las torres de celosía autoportadas de menos de 450 ft [137 m] de altura, siempre que las relaciones

entre la altura y el ancho de cara, h_i/fw_i sean igual o menores que 10 tal como se ilustra en la Figura 3-1.

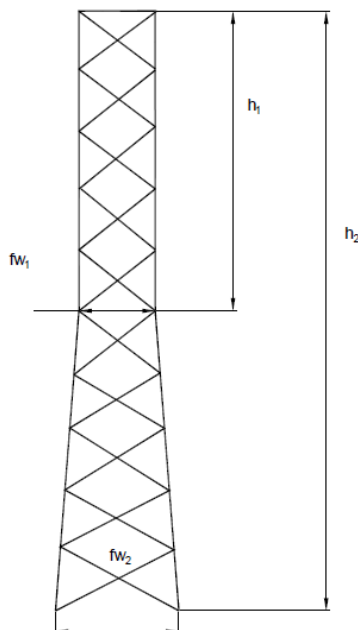


Figura 3. 2: Relaciones altura/ancho

El desplazamiento máximo permitido según el cliente es de 0.75° dicho ángulo se calculará con el desplazamiento lateral máximo del tope de la torre y la altura total de la misma.

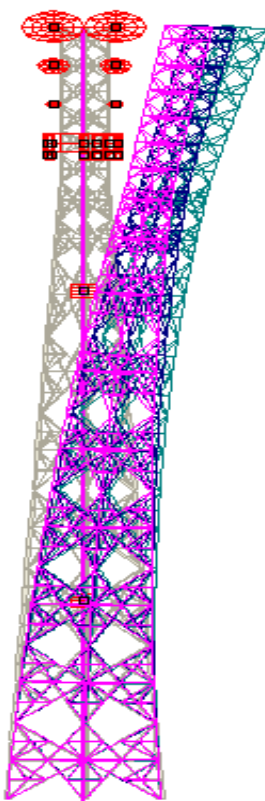


Figura 3. 3: Desplazamiento de torre

3.4.2. Efectos de rotación:

Una rotación de 0.30° respecto del eje vertical por torsión o de cualquier eje vertical por lado de la estructura.

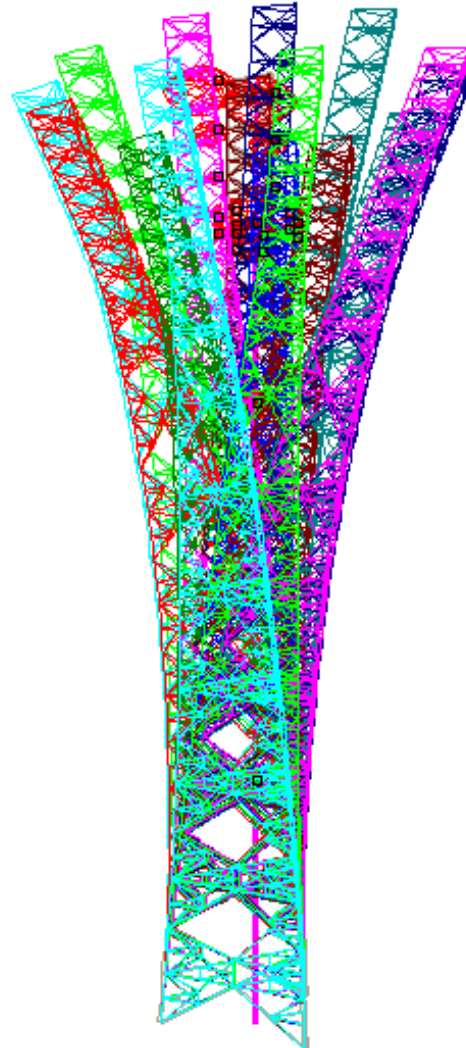


Figura 3. 4: Rotación de torre

Capítulo 4

CALCULOS JUSTIFICADOS

En este apartado se describe los criterios adoptados para el diseño estructural de una torre de 60 metros.

En la presente también se especifican los materiales utilizados, las cargas consideradas y sus combinaciones, método de análisis, las normas y códigos que se emplearán en el presente informe.

4.1. Descripción de la estructura

La estructura consta de una estructura regular de 03 lados; 12m de sección recta y 48m de sección inclinada. La torre está constituida por 10 tramos de sección triangular de 6 metros de altura cada uno, dando un conjunto total de 60 metros de altura. La unión entre tramos se realiza mediante empalmes angulares unidos entre sí mediante pernos.

Las dimensiones generales de la estructura son las siguientes:

- Altura total 60 metros.
- Ancho de la base 6.00m.
- Ancho de la base sección recta 1.8m.
- Los elementos principales y secundarios de la torre son perfiles angulares.

La torre debe calcularse para soportar una velocidad de supervivencia de 100 km/h, será considerada como la milla más rápida. De la misma manera la velocidad de operación de 90 km/h.

El diseño será capaz de soportar la configuración de antenas definida de la siguiente manera:

- 02 MW de 2.40m de diámetro
Ubicadas a 60 metros
- 02 MW de 1.20m de diámetro
Ubicados 57 metros
- 02 MW de 0.60m de diámetro
Ubicados a 54 metros

- 06 Antenas RF
Ubicados a 51 metros
- 06 Antenas RRU
Ubicados a 50 metros

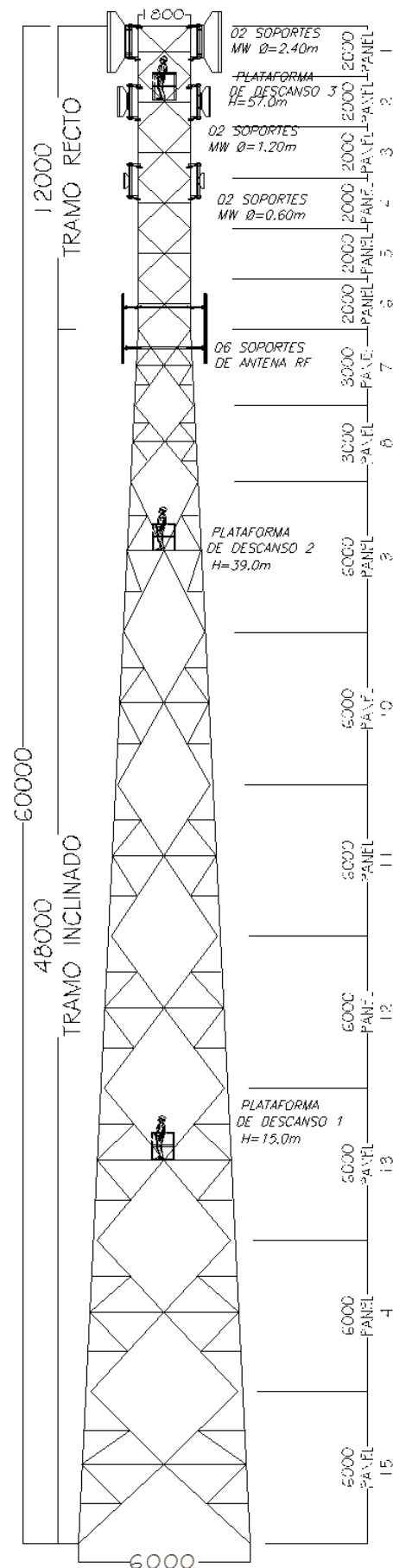


Figura 4. 1: Geometría y distribución de antenas

4.2. Normas de diseño

Para el diseño y fabricación de la estructura se tomará como base las Normas y Códigos Nacionales e Internacionales.

- Norma TIA/EIA-222-F “Structural Standards for steel antenna towers and antenna supporting structures”
- AWS D1.1 “American Welding Society”
- AISC “ American Institute of Steel Construction”
- E.0.30 del RNE

4.3. Materiales

Los materiales utilizados son los siguientes:

- Los perfiles que conforman la estructura de la torre son de acero ASTM A36, cuya resistencia a la fluencia es $2,531 \text{ kg/cm}^2$ y acero de alta resistencia ASTM A572 Gr.50, cuya resistencia a la fluencia es de $3,515 \text{ kg/cm}^2$.
- Los perfiles usados en la estructura son perfiles cuyas alas forman un ángulo entre sí de 90° .
- Los pernos considerados en las conexiones de elementos principales y secundarios son A325 del tipo Grado 5 o similar.

4.4. Cargas de diseño

4.4.1. Cargas Permanentes

4.4.1.1. Peso Propio (PP)

Para el cálculo del peso propio de los elementos se consideró el peso de todos los elementos metálicos, roldanas, escalerilla de cables, soportes de antenas.

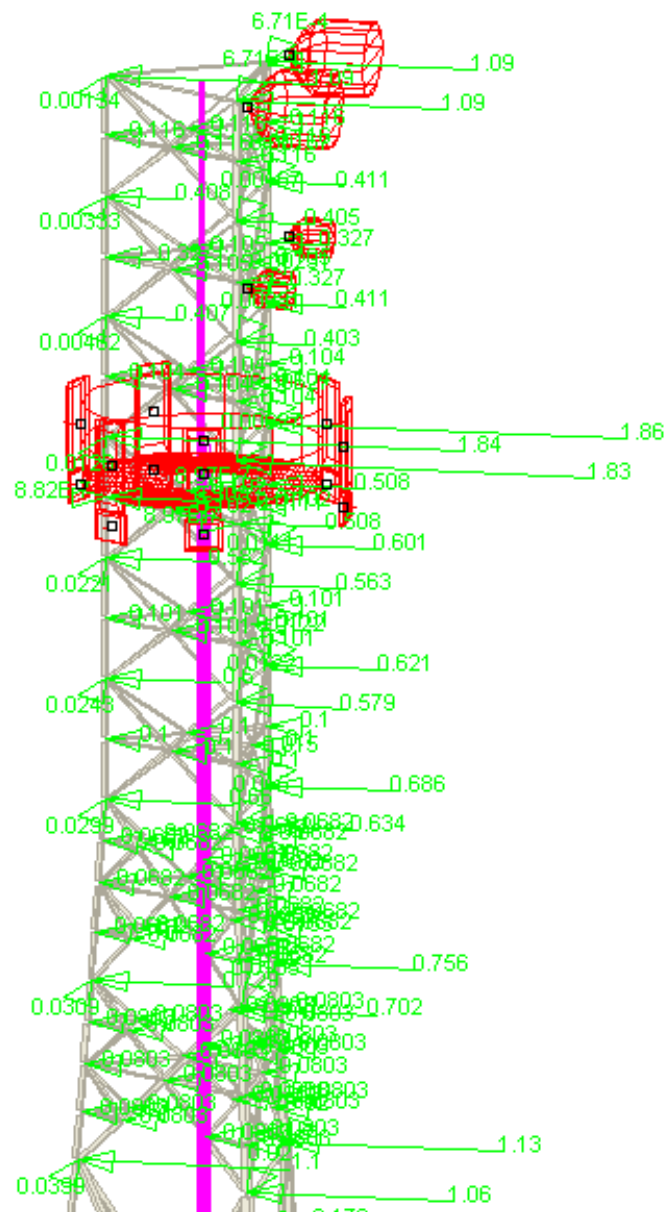
- Antenas:
En los siguientes valores se incluye el peso de los soportes:
 - 2 MW \varnothing 2.40m = 300 kg
 - 2 MW \varnothing 1.20m = 180 kg
 - 2 MW \varnothing 0.60m = 120 kg
 - 6 RF = 75kg
 - 6 RRU = 55kg
- 1 Soporte para pararrayo = 40 kg
- 1 Plataformas de trabajo = 480 kg

- 3 Plataformas de descanso:
 - PD-1 = 35 kg
 - PD-2 = 70 kg
 - PD-3 = 180 kg
- Escaleras:
 - Escalera peatonal = 590 kg
 - Escalera para cables = 600 kg

4.4.2. Cargas Eventuales

4.4.2.1. Viento (W)

- Viento de diseño por supervivencia es de 100 km/h
- Viento para el diseño por operación es de 90 km/h.



4.5. Combinaciones de carga

Las combinaciones en servicio para la estructura serán las siguientes:

- $D + W_O$
- $D + 0,75W_I + I$

Dónde:

- D = Carga permanente de la estructura incluyendo sus accesorios
- W_O = Carga de viento sobre la estructura sin hielo radial
- W_I = Carga de viento sobre la estructura con hielo radial
- I = Peso de hielo

Debido que el programa no toma en cuenta el peso de cartelas, planchas ni pernos se considera un 20% más en la carga muerta, y como no hay presencia de hielo en la zona de estudio no se considera W_I ni I . Por lo que las combinaciones se ingresarían de la siguiente manera:

- $1.2 D + 1.0 W_O$

4.6. DISEÑO DE LA TORRE EMPLEANDO EL PROGRAMA MS-TOWER

4.6.1. Descripción del programa

MS-Tower V6 es un programa de Windows para el análisis y la comprobación de las torres de celosía y mástiles. Se utiliza por diseñadores para el control de las estructuras de línea de transmisión, torres de comunicaciones y mástiles. El programa tiene opciones para la generación de la geometría y de carga, el análisis, la aplicación de factores de ráfagas de fuerzas en los miembros, y el control de los miembros. Hay instalaciones completas para el trazado de la estructura, la carga y los resultados. La geometría de la estructura se especifica mediante los datos que describen paneles, dimensiones, secciones y equipos auxiliares. Propiedades de la sección y los datos auxiliares se han tomado de los archivos de la biblioteca estándar. El viento cargas sobre los miembros, antenas y equipos auxiliares se calculan automáticamente.

Las cargas pueden ser calculados de acuerdo con las normas de:

- BS 8100
- BS8100
- ANSI TIA/EIA-222-F
- AS3995-1994
- Reglamento de Suministro de electricidad de Malasia 1990

A través del programa MS-Tower, se diseñará la torre en estudio para obtener los esfuerzos y desplazamientos como resultado de las acciones propias y exteriores que las provocan.

Para iniciar el diseño de la estructura, se escoge el tipo de estructura celosía, estructura articulada tridimensional, es el modelo más sencillo al que podemos asemejar el tipo de estructura que queremos estudiar.

A continuación se enumeran todos los pasos necesarios para poder completar el diseño;

4.6.2. Datos de ingreso al programa

4.6.2.1. Geometría

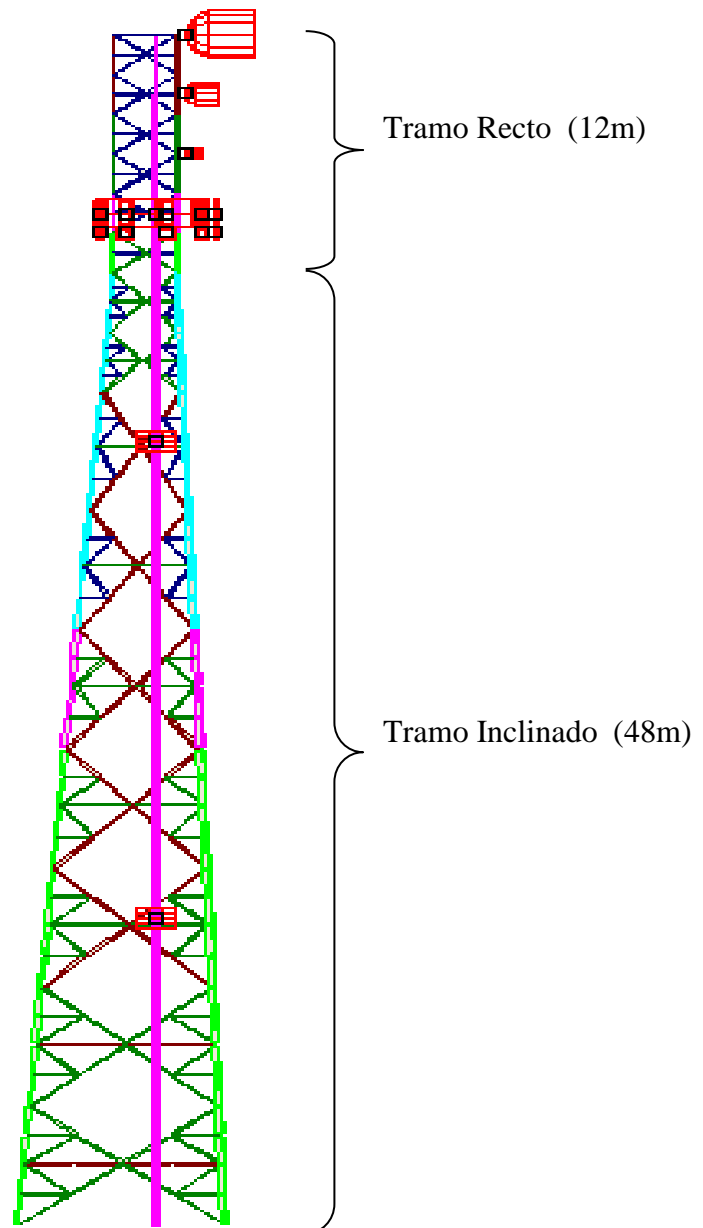


Figura 4. 2: Elevación de torre tramo inclinado

Es importante conocer los elementos de la TAT y las nomenclaturas empleadas por el programa para el ingreso de datos:

a) Para el tramo recto:

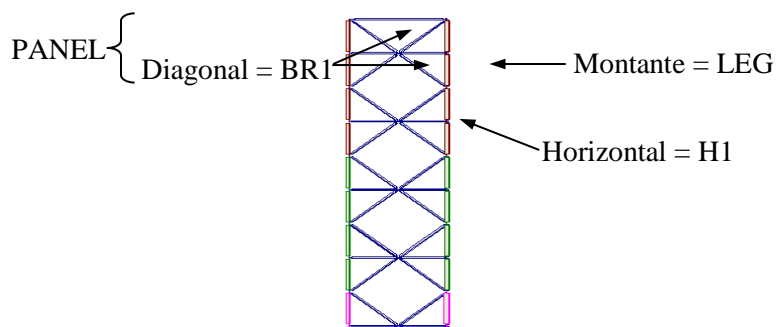


Figura 4. 3: Elevación de torre tramo recto

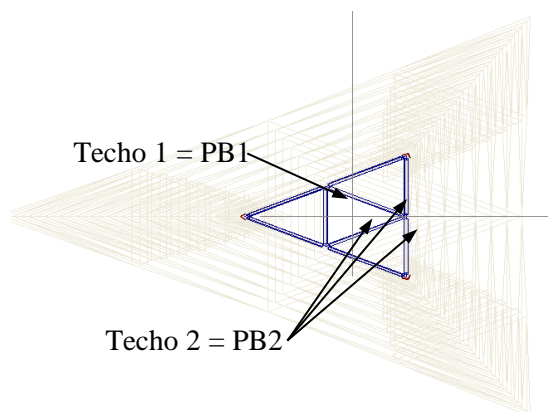


Figura 4. 4: Sección transversal de la torre tramo recto

b) Para el tramo inclinado:

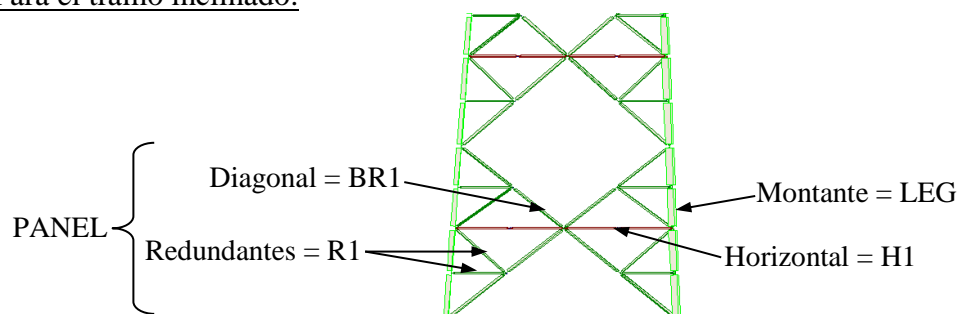


Figura 4. 5: Elevación de torre tramo inclinado

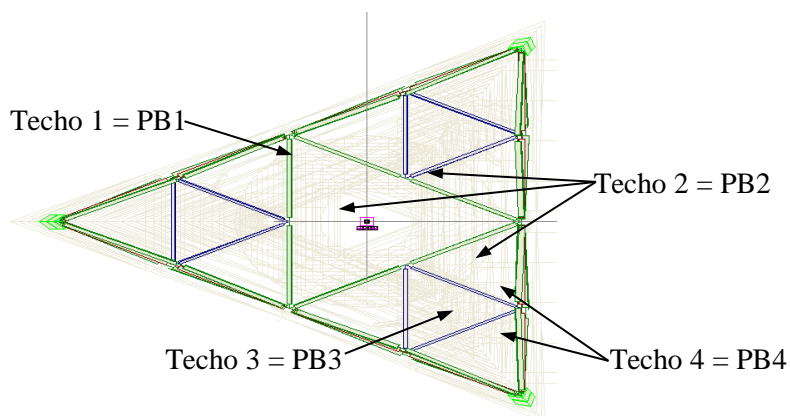


Figura 4. 6: Sección transversal de la torre tramo inclinado

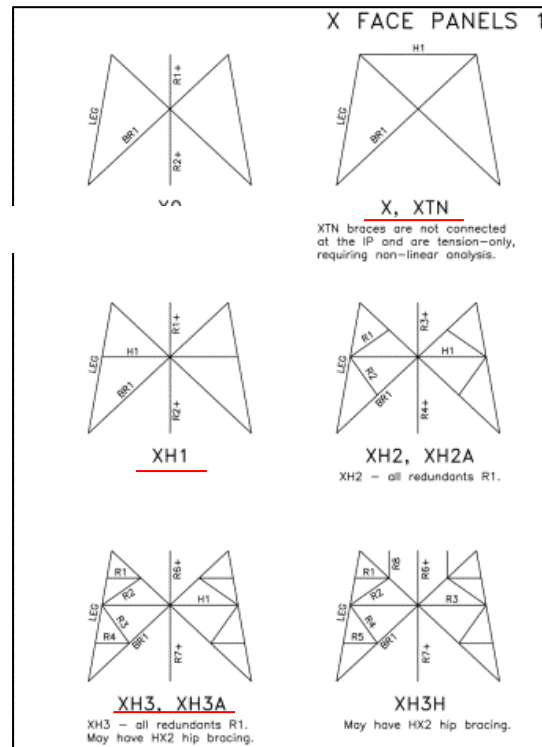


Figura 4. 7: Forma de la cara del panel.

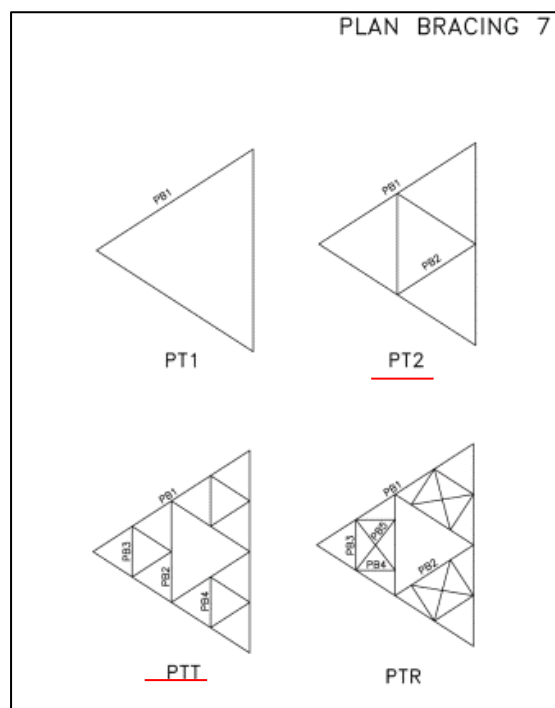


Figura 4. 8: Forma de la planta del panel.

```
MsEdit - [D:\Tower GWSTower-6-Demonstration\Program\Alioska.td]
File Edit View Window Help

TITL1 TORRE ATITL1 TORRE AUTOSOPORTADA 60M
TITL2 DISENO ALIOSKA AGUIRRE
UNITS 1 ← Indica el sistema de unidades a emplear
          • 1= S.I.
          • 4= U.S.
COMPONENT
RE707
END

PROFILE
FACES 3 ← N° de caras de la torre
WBASE 6.00 ← Ancho de base de la torre (m)
RLBAS 0.0 ← Distancia de la base de la torre al nivel del suelo (m)

→ N° de Panel (empezando desde arriba)
    → Altura del panel (m)
PANEL 1 HT 2.000 TW 1.8 → Ancho del panel (m)
FACE X LEG 2516 BR1 1516 H1 1516
PLAN PT2 PB1 0 PB2 1516 XIP

PANEL 2 HT 2.000 TW 1.8
FACE XH1 LEG 2516 BR1 1516 H1 1516
PLAN PT2 PB1 0 PB2 1516 XIP

PANEL 3 HT 2.000
FACE XH1 LEG 2514 BR1 1516 H1 1516
PLAN PT2 PB1 0 PB2 1516 XIP

PANEL 4 HT 2.000
FACE XH1 LEG 2514 BR1 1516
PLAN PT2 XIP

PANEL 5 HT 2.000
FACE XH1 LEG 314 BR1 1516
PLAN PT2 XIP

PANEL 6 HT 2.000
FACE XH1 LEG 414 BR1 2316
PLAN PT2 XIP

$TRAMO RECTO
$=====

PANEL 7 HT 3.000 TW 1.8
FACE XH3 LEG 4516 BR1 2316 R1 1516 H1 2316
PLAN PT2 XIP

PANEL 8 HT 3.000
FACE XH3 LEG 4516 BR1 2316 R1 1516 H1 2316
PLAN PT2 XIP

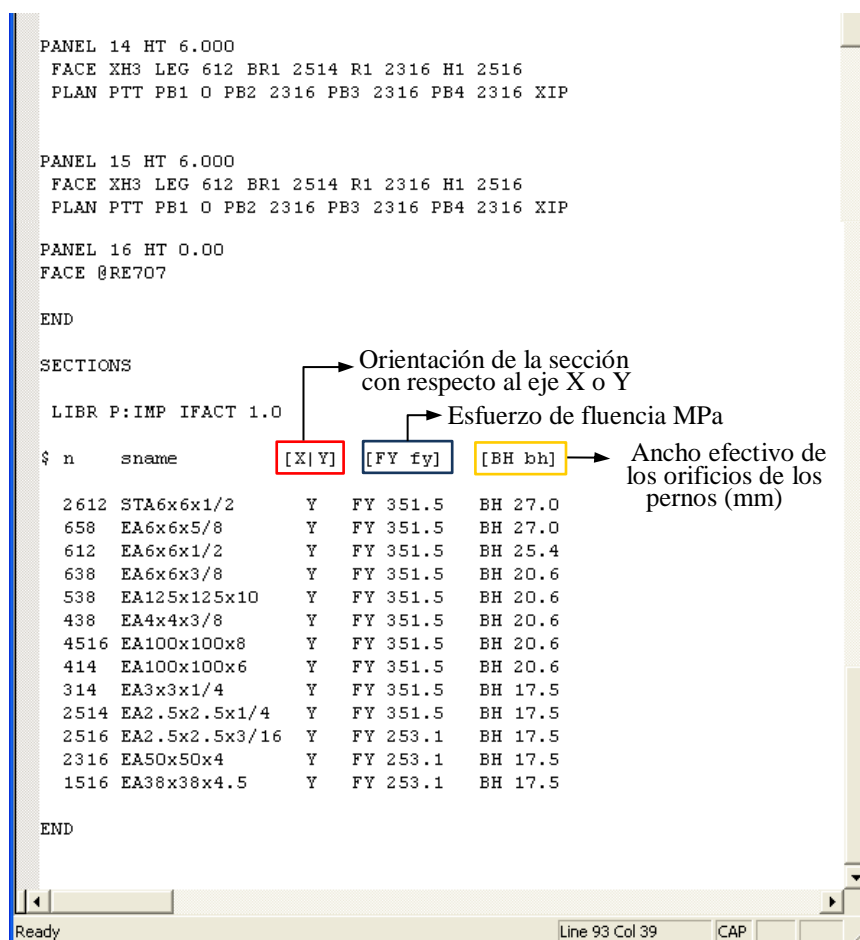
PANEL 9 HT 6.000
FACE XH3 LEG 538 BR1 2516 R1 1516 H1 2316
PLAN PT2 XIP

PANEL 10 HT 6.000
FACE XH3 LEG 538 BR1 2516 R1 1516 H1 2316
PLAN PT2 XIP

PANEL 11 HT 6.000
FACE XH3 LEG 638 BR1 2516 R1 2316 H1 2316
PLAN PT2 XIP

PANEL 12 HT 6.000
FACE XH3 LEG 612 BR1 2516 R1 2316 H1 2316
PLAN PTT PB1 0 PB2 2316 PB3 2316 PB4 2316 XIP

PANEL 13 HT 6.000
FACE XH3 LEG 612 BR1 2516 R1 2316 H1 2316
PLAN PTT PB1 0 PB2 2316 PB3 2316 PB4 2316 XIP
```



[X|Y]:

Indicar la orientación de la sección con respecto al eje X o Y.

- X: La sección de eje XX está alineado con el eje miembro de y.
- Y: El eje YY sección está alineado con el eje miembro de y.

El uso de estas palabras clave le permitirá orientar correctamente las secciones asimétricas. Por ejemplo, si un ángulo desigual se utiliza en la cara de la torre, la orientación Y dará lugar a la pata larga de este ángulo es paralela a la cara, mientras que la orientación X dará lugar a la pata larga de ser normal a la cara de la torre. Tenga en cuenta que el eje miembro y no se altera por el uso de una palabra clave de orientación.

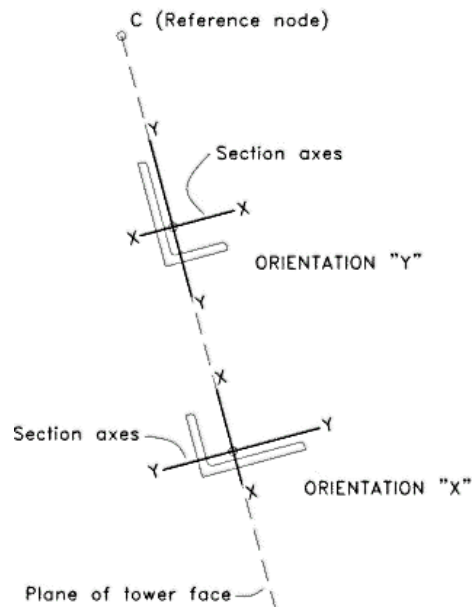


Figura 4. 9: Orientación de la sección

[FY|fy]:

Esfuerzo de fluencia, para este diseño los ángulos de igual o menor tamaño de L2.5"x2.5"x3/16" se empleará un acero A36 $\Rightarrow F_y = 2531 \text{ Kg/cm}^2 = 253.1 \text{ MPa}$ y para los ángulos iguales o mayores a L2.5"x2.5"x1/4" se empleará A572 Gr.50 $\Rightarrow F_y = 3515 \text{ Kg/cm}^2 = 351.5 \text{ MPa}$

[BH|bh]:

Ancho efectivo de los orificios de los pernos, en el elemento conectado. En este caso usaremos agujeros STD por lo que los agujeros serán igual al diámetro del perno más 1/16".

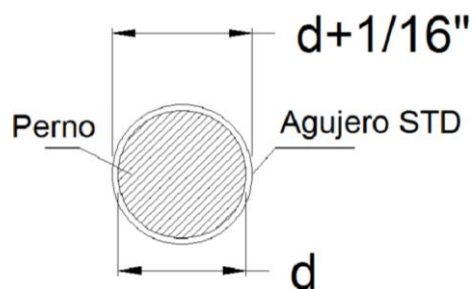


Figura 4. 10: Orientacion de la sección

4.6.2.2. Cargas de viento

De acuerdo a las especificaciones la velocidad de supervivencia de 100 $\text{kph} = 27.78 \text{ m/s}$, será considerada como la más rápida. De la misma manera la velocidad de operación de 90 $\text{kph} = 25 \text{ m/s}$

```

MsEdit - [F:\NUEVA CARPETA\MODELO TAT 60M\TAT60M - 100KPH_Alioska.twr]
File Edit View Window Help

PARAMETERS
  ANGN      0.0      ← El ángulo, en grados, medido en sentido antihorario desde el eje X al norte geográfico.
  CODE      EIA222   ← Normativa a emplear
  ICE       RO 0.0   RW 0.0 ← Espesor radial de hielo
  ALTOP     0        ← Altitud de la cima de la torre
  VB        27.78    ← Velocidad del viento básico en m / seg
  OVERLAP   1        ← Superposición de los miembros:
                        • 0 = No considerar superposición
                        • 1 = Considerar superposición

END

TERRAIN
  ANGLE 0 TCAT 0 → Ancho del panel (m)

END

LOADS

$-----CASOS DE CARGAS-----

CASE 100  Weight of tower plus ancillaries
DL
$ TODO - any additional NDLDs go here

CASE 200  wind at 0 to X axis
WL ANGLX  0.0 NOICE

CASE 210  wind at 30 to X axis
WL ANGLX  30 NOICE

CASE 220  wind at 60 to X axis
WL ANGLX  60 NOICE

CASE 230  wind at 90 to X axis
WL ANGLX  90 NOICE

CASE 240  wind at 120 to X axis
WL ANGLX  120 NOICE

CASE 250  wind at 150 to X axis
WL ANGLX  135 NOICE

CASE 260  wind at 180 to X axis
WL ANGLX  180 NOICE

CASE 270  wind at 210 to X axis
WL ANGLX  225 NOICE

CASE 280  wind at 240 to X axis
WL ANGLX  240 NOICE

CASE 290  wind at 270 to X axis
WL ANGLX  270 NOICE

CASE 300  wind at 300 to X axis
WL ANGLX  300 NOICE

CASE 310  wind at 330 to X axis

$-----COMBINACIONES-----

$===== DEAD =====
CASE 500  Max. tower weight
COMBIN 100 1.200

$===== VIENTO + DEAD =====
CASE 510  CARGA: wind at 0 to X axis
COMBIN 100 1.200
COMBIN 200 1.000

CASE 520  CARGA: wind at 30 to X axis
COMBIN 100 1.200
COMBIN 210 1.000

CASE 530  CARGA: wind at 60 to X axis
COMBIN 100 1.200
COMBIN 220 1.000

CASE 540  CARGA: wind at 90 to X axis
COMBIN 100 1.200
COMBIN 230 1.000
  
```



```
CASE 550  CARGA: wind at 120  to X  axis
COMBIN 100  1.200
COMBIN 240  1.000

CASE 560  CARGA: wind at 150  to X  axis
COMBIN 100  1.200
COMBIN 250  1.000

CASE 570  CARGA: wind at 180  to X  axis
COMBIN 100  1.200
COMBIN 260  1.000

CASE 580  CARGA: wind at 210  to X  axis
COMBIN 100  1.200
COMBIN 270  1.000

CASE 590  CARGA: wind at 240  to X  axis
COMBIN 100  1.200
COMBIN 280  1.000

CASE 600  CARGA: wind at 270  to X  axis
COMBIN 100  1.200
COMBIN 290  1.000

CASE 610  CARGA: wind at 300  to X  axis
COMBIN 100  1.200
COMBIN 300  1.000

CASE 620  CARGA: wind at 330  to X  axis
COMBIN 100  1.200
COMBIN 310  1.000

END

ANCILLARIES

LARGE  LIBR P:ANC.LIB      $ use ANC.LIB if library is in DATA area

$PLATAFORMAS
$=====
PLAT1  XA 0 YA 0 ZA 51.00 LIB IC-512A-N ANG 0 FACT 1.0

PLATDESC1 XA 0 YA 0 ZA 15.5 LIB PLATDESC1-N ANG 0 FACT 1.0
PLATDESC2 XA 0 YA 0 ZA 39.5 LIB PLATDESC2-N ANG 0 FACT 1.0

$ANTENA MICROONDAS
$=====
MO1A XA 0.70 YA 1.20 ZA 60.0 LIB SH1PR-8-N ANG 0 $ 2.40M
MO2A XA 0.70 YA -1.20 ZA 60.0 LIB SH1PR-8-N ANG 0 $ 2.40M

MO1B XA 0.70 YA 1.20 ZA 57.0 LIB SH1PR-4-N ANG 0 $ 1.20M
MO2B XA 0.70 YA -1.20 ZA 57.0 LIB SH1PR-4-N ANG 0 $ 1.20M

MO1C XA 0.70 YA 1.20 ZA 54.00 LIB SH1PR-2-N ANG 0 $ 0.60M
MO2C XA 0.70 YA -1.20 ZA 54.00 LIB SH1PR-2-N ANG 0 $ 0.60M

$ANTENA RF
$=====
SECTOR-1A XA 1.5  YA 0.000 ZA 51.00 LIB A0142-RF-N ANG 0
SECTOR-2A XA 0.26  YA -1.477 ZA 51.00 LIB A0142-RF-N ANG 80
SECTOR-3A XA -0.75  YA -1.299 ZA 51.00 LIB A0142-RF-N ANG 120
SECTOR-4A XA -1.409  YA 0.513 ZA 51.00 LIB A0142-RF-N ANG 200
SECTOR-5A XA -0.75  YA 1.299 ZA 51.00 LIB A0142-RF-N ANG 240
SECTOR-6A XA 1.149  YA 0.964 ZA 51.00 LIB A0142-RF-N ANG 320

SECTOR-7A XA 1.5  YA 0.000 ZA 50.00 LIB A0142-RRU-N ANG 0
SECTOR-8A XA 0.26  YA -1.477 ZA 50.00 LIB A0142-RRU-N ANG 80
SECTOR-9A XA -0.75  YA -1.299 ZA 50.00 LIB A0142-RRU-N ANG 120
SECTOR-10A XA -1.409  YA 0.513 ZA 50.00 LIB A0142-RRU-N ANG 200
SECTOR-11A XA -0.75  YA 1.299 ZA 50.00 LIB A0142-RRU-N ANG 240
SECTOR-12A XA 1.149  YA 0.964 ZA 50.00 LIB A0142-RRU-N ANG 320

LINEAR  LIBR P:LIN.LIB      $ use LIN.LIB if library in DATA area

$ESCALERAS
$=====
LADDER1  XB 0.0  YB 0.0  ZB 0  XT 0.0  YT 0.0  ZT 60.0 LIB H-LADDER FACT 1 ANG 0
LADDER2  XB 0.0  YB 0.0  ZB 0  XT 0.0  YT 0.0  ZT 60.0 LIB H-LADDER FACT 1 ANG 0

$ CABLES
$=====
FDR-GRP1 XB 0.02 YB -0.10 ZB 0 XT 0.02  YT -0.10 ZT 51.00 LIB FDR10 FACT 5 ANG 0
FDR-GRP2 XB 0.05 YB -0.10 ZB 0 XT 0.05  YT -0.10 ZT 51.00 LIB FDR10 FACT 5 ANG 0
FDR-GRP3 XB 0.08 YB -0.10 ZB 0 XT 0.08  YT -0.10 ZT 51.00 LIB FDR10 FACT 5 ANG 0
FDR-GRP4 XB 0.03 YB -0.10 ZB 0 XT 0.03  YT -0.10 ZT 50.00 LIB FDR10 FACT 5 ANG 0
FDR-GRP5 XB 0.06 YB -0.10 ZB 0 XT 0.06  YT -0.10 ZT 50.00 LIB FDR10 FACT 5 ANG 0
FDR-GRP6 XB 0.09 YB -0.10 ZB 0 XT 0.09  YT -0.10 ZT 50.00 LIB FDR10 FACT 5 ANG 0
```


FDR-GRP7	XB	-0.02	YB	-0.10	ZB	0	XT	-0.02	YT	-0.10	ZT	60.00	LIB	FDR10	FACT	4	ANG	0
FDR-GRP8	XB	-0.05	YB	-0.10	ZB	0	XT	-0.05	YT	-0.10	ZT	57.00	LIB	FDR10	FACT	4	ANG	0
FDR-GRP9	XB	-0.08	YB	-0.10	ZB	0	XT	-0.08	YT	-0.10	ZT	54.00	LIB	FDR10	FACT	4	ANG	0
FDR-GRP10	XB	0.01	YB	0.00	ZB	0	XT	0.01	YT	0.00	ZT	60.00	LIB	FDR10	FACT	3	ANG	0
FDR-GRP11	XB	-0.01	YB	0.00	ZB	0	XT	-0.01	YT	0.00	ZT	60.00	LIB	FDR10	FACT	3	ANG	0
FDR-GRP12	XB	0.00	YB	0.00	ZB	0	XT	0.00	YT	0.00	ZT	60.00	LIB	FDR10	FACT	3	ANG	0
END																		
END																		

4.7. RESULTADOS

4.7.1. Diseño por supervivencia: velocidad de viento 100km/h

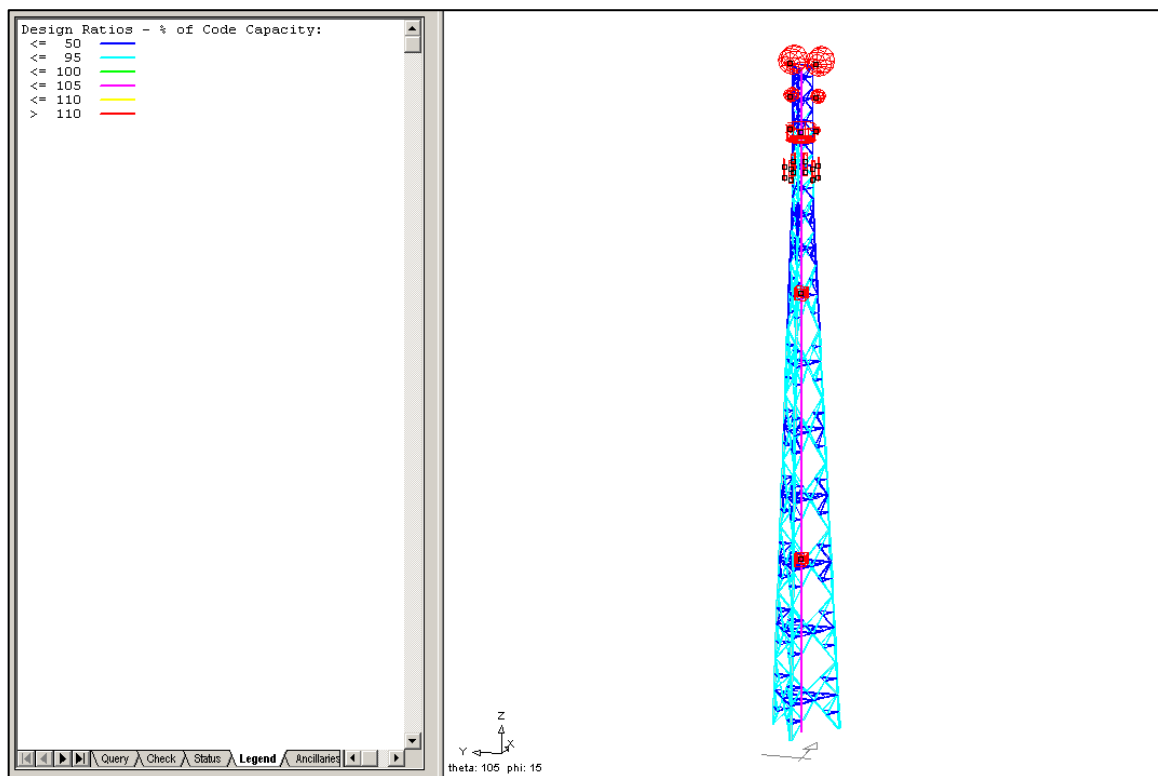


Figura 4. 11: Vista principal de ratios de esfuerzos en la estructura.

SECEdit Column Block

MS-TOWER V6 Member checking to EIA-222-F (080909)

Job: TAT60M - 100KPH

Title: TORRE AUTOSOPORTADA 60M

DISEÑO ALIOSKA AGUIRRE

Date: 15-JUL-17 10:29:16

-- LOAD CASES --

Case Y/N Title

100 N WEIGHT OF TOWER PLUS ANCILLARIES

200 N WIND AT 0 TO X AXIS

210 N WIND AT 30 TO X AXIS
220 N WIND AT 60 TO X AXIS
230 N WIND AT 90 TO X AXIS
240 N WIND AT 120 TO X AXIS
250 N WIND AT 150 TO X AXIS
260 N WIND AT 180 TO X AXIS
270 N WIND AT 210 TO X AXIS
280 N WIND AT 240 TO X AXIS
290 N WIND AT 270 TO X AXIS
300 N WIND AT 300 TO X AXIS
310 N WIND AT 330 TO X AXIS
500 Y MAX. TOWER WEIGHT
510 Y CARGA: WIND AT 0 TO X AXIS
520 Y CARGA: WIND AT 30 TO X AXIS
530 Y CARGA: WIND AT 60 TO X AXIS
540 Y CARGA: WIND AT 90 TO X AXIS
550 Y CARGA: WIND AT 120 TO X AXIS
560 Y CARGA: WIND AT 150 TO X AXIS
570 Y CARGA: WIND AT 180 TO X AXIS
580 Y CARGA: WIND AT 210 TO X AXIS
590 Y CARGA: WIND AT 240 TO X AXIS
600 Y CARGA: WIND AT 270 TO X AXIS
610 Y CARGA: WIND AT 300 TO X AXIS
620 Y CARGA: WIND AT 330 TO X AXIS

Y = Cases to be checked

N = Not Used

Report Units:

Dims., lengths, areas ... mm, mm²

Forces kN

StressesN/mm² (MPa)

Allowable stresses to EIA-222-F. Overstress factor for WL: 1.330

Safety factor for guys: 2.000

Symbols:

f_y = yield stress

C = Section 5.7 sub-clause used for KL/r .

KL/r = Section 5.7.4 slenderness ratio. x/y/v=buckling axis.

P = Axial force in member, kN. c=compression

f = Axial stress in member, MPa.

F = Allowable stress, MPa.

* = Stress ratio > 1.0

= Exceeds code slenderness limits.

Note:

* Members are checked for axial force only; additional member checks are required if members are subject to significant bending moments.

* Buckling restraints assume fully triangulated bracing patterns; additional checks of member capacity and buckling restraints may be required if



non-triangulated bracing is used.

* Members are not checked for manloads or maintenance loads.

|-----Compression-----| |-----Tension-----|

SECEdit Column Block

Pnl	Memb	Typ	Size	fyn	b	Case	P	f	C	KL/r	F	f/F	Case	P	f	F	f/F
1	56-57	LEG	EA2.5X2.5X3/16	250	2	550	9	16	4	80v	142	0.111	-	-	-	-	-
1	58-59	LEG	EA2.5X2.5X3/16	250	2	590	9	16	4	80v	142	0.111	-	-	-	-	-
1	60-61	LEG	EA2.5X2.5X3/16	250	2	510	5	8	4	80v	142	0.058	570	8	15	200	0.076
1	2- 3	XBR	EA38X38X4.5	250	2	600	6	18	10	157v	55	0.331	540	6	22	200	0.110
1	4-5	XBR	EA38X38X4.5	250	2	540	6	18	10	157v	55	0.331	600	6	22	200	0.110
1	22-23	XBR	EA38X38X4.5	250	2	510	5	16	10	157v	55	0.294	560	5	18	200	0.088
1	24-25	XBR	EA38X38X4.5	250	2	560	4	13	10	157v	55	0.234	510	5	19	200	0.096
1	42-43	XBR	EA38X38X4.5	250	2	580	4	13	10	157v	55	0.234	510	5	19	200	0.096
1	44-45	XBR	EA38X38X4.5	250	2	510	5	16	10	157v	55	0.294	580	5	18	200	0.088
1	6	HOR	EA38X38X4.5	250	2	570	2	5	10	195v	36	0.136	510	2	8	200	0.038
1	26	HOR	EA38X38X4.5	250	2	610	1	4	10	195v	27	0.132	550	1	4	200	0.021
1	46	HOR	EA38X38X4.5	250	2	610	1	4	10	195v	27	0.132	590	1	4	200	0.021
1	47-48	HOR	EA38X38X4.5	250	1	590	0	0	13	121v	93	0.005	540	0	1	200	0.003
1	49- 50	HOR	EA38X38X4.5	250	1	590	0	0	13	121v	93	0.005	590	0	1	200	0.003
1	51- 52	HOR	EA38X38X4.5	250	1	550	0	0	13	121v	93	0.005	550	0	1	200	0.003
1	53	PBR	EA38X38X4.5	250	1	530	0	0	12	121v	93	0.004	590	0	1	200	0.003
1	54	PBR	EA38X38X4.5	250	1	570	0	0	12	121v	93	0.004	510	0	1	200	0.003
1	55	PBR	EA38X38X4.5	250	1	610	0	0	12	121v	93	0.004	550	0	1	200	0.003
2	101- 102	LEG	EA2.5X2.5X3/16	250	2	550	22	38	4	80v	142	0.270	620	10	19	200	0.097
2	121- 122	LEG	EA2.5X2.5X3/16	250	2	590	22	38	4	80v	142	0.270	520	10	19	200	0.097
2	141- 142	LEG	EA2.5X2.5X3/16	250	2	510	21	36	4	80v	142	0.256	570	21	40	200	0.201
2	105- 106	XBR	EA38X38X4.5	250	2	600	8	25	10	157v	55	0.444	540	8	30	200	0.148
2	107- 108	XBR	EA38X38X4.5	250	2	540	8	25	10	157v	55	0.444	600	8	30	200	0.148
2	125- 126	XBR	EA38X38X4.5	250	2	510	7	23	10	157v	55	0.408	570	6	22	200	0.110
2	127- 128	XBR	EA38X38X4.5	250	2	570	6	18	10	157v	55	0.317	510	7	26	200	0.132
2	145- 146	XBR	EA38X38X4.5	250	2	570	6	18	10	157v	55	0.318	510	7	26	200	0.132
2	147- 148	XBR	EA38X38X4.5	250	2	510	7	23	10	157v	55	0.408	570	6	22	200	0.110
2	103- 104	HOR	EA38X38X4.5	250	2	1810	1	3	14	121v	70	0.037	1810	1	4	150	0.025
2	123- 124	HOR	EA38X38X4.5	250	2	620	1	3	14	121v	70	0.044	560	1	4	200	0.018
2	143- 144	HOR	EA38X38X4.5	250	2	620	1	3	14	121v	70	0.044	580	1	4	200	0.018
2	155	PBR	EA38X38X4.5	250	1	540	0	0	12	121v	93	0.004	590	0	0	200	0.002
2	156	PBR	EA38X38X4.5	250	1	510	0	0	12	121v	93	0.004	510	0	1	200	0.003
2	157	PBR	EA38X38X4.5	250	1	540	0	0	12	121v	93	0.004	550	0	0	200	0.002
3	201- 202	LEG	EA2.5X2.5X1/4	345	2	550	37	50	4	80v	174	0.284	620	22	34	275	0.124
3	221- 222	LEG	EA2.5X2.5X1/4	345	2	590	37	50	4	80v	174	0.284	520	22	34	275	0.124
3	241- 242	LEG	EA2.5X2.5X1/4	345	2	510	43	57	4	80v	174	0.328	570	37	59	275	0.213
3	205- 206	XBR	EA38X38X4.5	250	2	600	9	27	10	157v	55	0.490	540	9	33	200	0.166
3	207- 208	XBR	EA38X38X4.5	250	2	540	9	27	10	157v	55	0.490	600	9	33	200	0.166
3	225- 226	XBR	EA38X38X4.5	250	2	510	8	25	10	157v	55	0.454	570	7	25	200	0.127
3	227- 228	XBR	EA38X38X4.5	250	2	570	6	19	10	157v	55	0.351	510	8	30	200	0.148
3	245- 246	XBR	EA38X38X4.5	250	2	570	6	19	10	157v	55	0.351	510	8	30	200	0.149
3	247- 248	XBR	EA38X38X4.5	250	2	510	8	25	10	157v	55	0.454	570	7	25	200	0.127
3	203- 204	HOR	EA38X38X4.5	250	2	550	1	2	14	121v	94	0.018	550	1	2	200	0.011
3	223- 224	HOR	EA38X38X4.5	250	2	510	1	2	14	121v	94	0.021	510	1	2	200	0.012
3	243- 244	HOR	EA38X38X4.5	250	2	510	1	2	14	121v	94	0.021	510	1	2	200	0.012
3	255	PBR	EA38X38X4.5	250	1	540	0	0	12	121v	93	0.004	540	0	1	200	0.003



3	256	PBR EA38X38X4.5	250	1	510	0	0	12	121v	93	0.004	510	0	1	200	0.003
3	257	PBR EA38X38X4.5	250	1	540	0	0	12	121v	93	0.004	540	0	1	200	0.003
4	301-	302 LEG EA2.5X2.5X1/4	345	2	550	56	75	4	80v	174	0.430	620	37	58	275	0.210
4	321-	322 LEG EA2.5X2.5X1/4	345	2	590	56	75	4	80v	174	0.430	520	37	58	275	0.210
4	341-	342 LEG EA2.5X2.5X1/4	345	2	510	67	90	4	80v	174	0.514	570	57	90	275	0.325
4	305-	306 XBR EA38X38X4.5	250	2	600	10	31	10	157v	55	0.561	540	10	37	200	0.185
4	307-	308 XBR EA38X38X4.5	250	2	540	10	31	10	157v	55	0.561	600	10	37	200	0.185
4	325-	326 XBR EA38X38X4.5	250	2	510	9	29	10	157v	55	0.530	570	7	29	200	0.145
4	327-	328 XBR EA38X38X4.5	250	2	570	7	22	10	157v	55	0.403	510	9	33	200	0.165
4	345-	346 XBR EA38X38X4.5	250	2	570	7	22	10	157v	55	0.404	510	9	33	200	0.165
4	347-	348 XBR EA38X38X4.5	250	2	510	9	29	10	157v	55	0.529	570	7	29	200	0.145
4	303-	304 HOR EA38X38X4.5	250	2	550	1	3	14	121v	94	0.028	550	1	3	200	0.016
4	323-	324 HOR EA38X38X4.5	250	2	510	1	3	14	121v	94	0.033	510	1	4	200	0.020
4	343-	344 HOR EA38X38X4.5	250	2	510	1	3	14	121v	94	0.033	510	1	4	200	0.020
4	355	PBR EA38X38X4.5	250	1	540	0	0	12	121v	93	0.005	540	0	1	200	0.003
4	356	PBR EA38X38X4.5	250	1	510	0	0	12	121v	93	0.004	510	0	1	200	0.003
4	357	PBR EA38X38X4.5	250	1	540	0	0	12	121v	93	0.005	540	0	1	200	0.003
5	401-	402 LEG EA3X3X1/4	345	2	550	79	87	4	66v	198	0.438	620	55	70	275	0.254
5	421-	422 LEG EA3X3X1/4	345	2	590	79	87	4	66v	198	0.437	520	56	70	275	0.254
5	441-	442 LEG EA3X3X1/4	345	2	510	101	111	4	66v	198	0.560	570	79	99	275	0.359
5	405-	406 XBR EA38X38X4.5	250	2	600	13	40	10	157v	55	0.719	540	13	49	200	0.244
5	407-	408 XBR EA38X38X4.5	250	2	540	13	40	10	157v	55	0.719	600	13	49	200	0.244
5	425-	426 XBR EA38X38X4.5	250	2	510	12	37	10	157v	55	0.676	570	10	39	200	0.197
5	427-	428 XBR EA38X38X4.5	250	2	570	10	30	10	157v	55	0.540	510	11	43	200	0.218
5	445-	446 XBR EA38X38X4.5	250	2	570	10	30	10	157v	55	0.540	510	11	44	200	0.218
5	447-	448 XBR EA38X38X4.5	250	2	510	12	37	10	157v	55	0.675	570	10	39	200	0.196
5	403-	404 HOR EA38X38X4.5	250	2	540	1	4	14	121v	94	0.043	540	2	7	200	0.033
5	423-	424 HOR EA38X38X4.5	250	2	580	2	5	14	121v	94	0.057	1810	2	7	150	0.046
5	443-	444 HOR EA38X38X4.5	250	2	1810	2	5	14	121v	70	0.074	620	2	7	200	0.036
5	455	PBR EA38X38X4.5	250	1	540	0	1	12	121v	93	0.006	540	0	1	200	0.004
5	456	PBR EA38X38X4.5	250	1	570	0	0	12	121v	93	0.005	510	0	1	200	0.003
5	457	PBR EA38X38X4.5	250	1	540	0	1	12	121v	93	0.006	540	0	1	200	0.004
6	501-	502 LEG EA100X100X6	345	2	550	108	93	4	50v	188	0.494	620	79	75	275	0.271
6	521-	522 LEG EA100X100X6	345	2	590	108	93	4	50v	188	0.494	520	79	75	275	0.271
6	541-	542 LEG EA100X100X6	345	2	510	137	118	4	50v	188	0.628	570	101	96	275	0.349
6	505-	506 XBR EA50X50X4	250	2	600	16	41	10	130v	81	0.500	540	15	45	200	0.225
6	507-	508 XBR EA50X50X4	250	2	540	16	41	10	130v	81	0.500	600	15	45	200	0.225
6	525-	526 XBR EA50X50X4	250	2	510	15	39	10	130v	81	0.487	570	13	38	200	0.192
6	527-	528 XBR EA50X50X4	250	2	580	12	31	10	130v	81	0.379	520	13	40	200	0.203
6	545-	546 XBR EA50X50X4	250	2	560	12	31	10	130v	81	0.380	620	13	41	200	0.203
6	547-	548 XBR EA50X50X4	250	2	510	15	39	10	130v	81	0.485	570	13	38	200	0.191
6	503-	504 HOR EA38X38X4.5	250	2	550	2	5	14	121v	94	0.054	560	2	6	200	0.032
6	523-	524 HOR EA38X38X4.5	250	2	510	2	6	14	121v	94	0.068	510	2	8	200	0.040
6	543-	544 HOR EA38X38X4.5	250	2	510	2	6	14	121v	94	0.068	510	2	8	200	0.040
6	555	PBR EA38X38X4.5	250	1	540	0	1	12	121v	93	0.008	540	0	1	200	0.005
6	556	PBR EA38X38X4.5	250	1	570	0	1	12	121v	93	0.006	510	0	1	200	0.005
6	557	PBR EA38X38X4.5	250	1	540	0	1	12	121v	93	0.008	540	0	1	200	0.005
7	601-	604 LEG EA100X100X8	345	2	550	134	87	4	41v	236	0.369	620	104	75	275	0.271
7	641-	644 LEG EA100X100X8	345	2	590	134	87	4	41v	236	0.368	520	104	75	275	0.272
7	681-	684 LEG EA100X100X8	345	2	510	168	109	4	41v	236	0.463	570	128	92	275	0.334
7	607-	610 XBR EA50X50X4	250	2	590	19	50	8	123y	91	0.552	530	15	45	200	0.224



7	611-	614	XBR	EA50X50X4	250	2	550	19	50	8	123y	91	0.551	610	15	45	200	0.224
7	647-	650	XBR	EA50X50X4	250	2	510	19	49	8	123y	91	0.543	570	14	44	200	0.219
7	651-	654	XBR	EA50X50X4	250	2	580	13	34	8	123y	91	0.371	520	13	38	200	0.192
7	687-	690	XBR	EA50X50X4	250	2	560	13	34	8	123y	91	0.372	620	13	38	200	0.192
7	691-	694	XBR	EA50X50X4	250	2	510	19	49	8	123y	91	0.542	570	14	43	200	0.218
7	605-	606	HOR	EA50X50X4	250	2	550	2	5	11	97v	123	0.043	550	2	6	200	0.031
7	645-	646	HOR	EA50X50X4	250	2	510	3	7	11	97v	123	0.054	510	3	8	200	0.039
7	685-	686	HOR	EA50X50X4	250	2	510	3	7	11	97v	123	0.054	510	3	8	200	0.039
7	709		PBR	EA38X38X4.5	250	1	530	0	1	12	129v	82	0.010	590	0	1	200	0.007
7	710		PBR	EA38X38X4.5	250	1	570	0	1	12	129v	82	0.010	510	0	1	200	0.007
7	711		PBR	EA38X38X4.5	250	1	610	0	1	12	129v	82	0.010	550	0	1	200	0.007
7	615		RED	EA38X38X4.5	250	1	610	3	8	11	65v	157	0.053	550	4	14	200	0.068
7	616		RED	EA38X38X4.5	250	1	550	4	11	11	116v	99	0.111	610	3	10	200	0.050
7	617		RED	EA38X38X4.5	250	1	560	3	10	12	123v	90	0.113	620	3	11	200	0.055
7	618		RED	EA38X38X4.5	250	1	620	3	8	11	65v	157	0.053	560	3	12	200	0.061
7	619		RED	EA38X38X4.5	250	1	530	3	8	11	65v	157	0.053	590	4	14	200	0.068
7	620		RED	EA38X38X4.5	250	1	590	4	11	11	116v	99	0.110	530	3	10	200	0.050
7	621		RED	EA38X38X4.5	250	1	580	3	10	12	123v	90	0.113	520	3	11	200	0.055
7	622		RED	EA38X38X4.5	250	1	520	3	8	11	65v	157	0.053	580	3	12	200	0.061
7	655		RED	EA38X38X4.5	250	1	520	2	8	11	65v	157	0.048	590	3	11	200	0.053
7	656		RED	EA38X38X4.5	250	1	590	3	9	11	116v	99	0.088	520	2	9	200	0.047
7	657		RED	EA38X38X4.5	250	1	600	3	10	12	123v	90	0.112	540	2	9	200	0.047
7	658		RED	EA38X38X4.5	250	1	540	2	7	11	65v	157	0.046	600	3	12	200	0.062
7	659		RED	EA38X38X4.5	250	1	570	3	9	11	65v	157	0.059	510	4	15	200	0.075
7	660		RED	EA38X38X4.5	250	1	510	4	12	11	116v	99	0.122	570	3	11	200	0.056
7	661		RED	EA38X38X4.5	250	1	510	4	12	12	123v	90	0.136	570	3	11	200	0.056
7	662		RED	EA38X38X4.5	250	1	570	3	8	11	65v	157	0.054	510	4	15	200	0.073
7	695		RED	EA38X38X4.5	250	1	570	3	9	11	65v	157	0.059	510	4	15	200	0.076
7	696		RED	EA38X38X4.5	250	1	510	4	12	11	116v	99	0.123	570	3	11	200	0.057
7	697		RED	EA38X38X4.5	250	1	510	4	12	12	123v	90	0.136	570	3	11	200	0.056
7	698		RED	EA38X38X4.5	250	1	570	3	8	11	65v	157	0.054	510	4	15	200	0.073
7	699		RED	EA38X38X4.5	250	1	620	2	8	11	65v	157	0.048	550	3	11	200	0.053
7	700		RED	EA38X38X4.5	250	1	550	3	9	11	116v	99	0.088	620	2	9	200	0.046
7	701		RED	EA38X38X4.5	250	1	540	3	10	12	123v	90	0.112	600	2	9	200	0.046
7	702		RED	EA38X38X4.5	250	1	600	2	7	11	65v	157	0.046	540	3	12	200	0.062
8	801-	804	LEG	EA100X100X8	345	2	550	172	112	4	40v	237	0.472	620	134	96	275	0.349
8	841-	844	LEG	EA100X100X8	345	2	590	171	112	4	40v	237	0.471	520	134	96	275	0.350
8	881-	884	LEG	EA100X100X8	345	2	510	212	138	4	40v	237	0.582	570	160	115	275	0.417
8	807-	810	XBR	EA50X50X4	250	2	600	17	44	8	127y	85	0.517	540	16	49	200	0.245
8	811-	814	XBR	EA50X50X4	250	2	540	17	44	8	127y	85	0.517	600	16	49	200	0.245
8	847-	850	XBR	EA50X50X4	250	2	510	17	43	8	127y	85	0.508	570	14	42	200	0.210
8	851-	854	XBR	EA50X50X4	250	2	580	14	35	8	127y	85	0.414	520	14	44	200	0.219
8	887-	890	XBR	EA50X50X4	250	2	560	14	35	8	127y	85	0.415	620	14	44	200	0.220
8	891-	894	XBR	EA50X50X4	250	2	510	17	43	8	127y	85	0.507	570	14	42	200	0.209
8	805-	806	HOR	EA50X50X4	250	2	550	3	7	11	110v	107	0.063	550	3	8	200	0.039
8	845-	846	HOR	EA50X50X4	250	2	510	3	8	11	110v	107	0.077	510	3	10	200	0.049
8	885-	886	HOR	EA50X50X4	250	2	510	3	8	11	110v	107	0.077	510	3	10	200	0.049
8	909		PBR	EA38X38X4.5	250	1	530	0	1	12	147v	64	0.016	590	0	2	200	0.008
8	910		PBR	EA38X38X4.5	250	1	570	0	1	12	147v	64	0.017	510	0	2	200	0.008
8	911		PBR	EA38X38X4.5	250	1	610	0	1	12	147v	64	0.016	550	0	2	200	0.008
8	815		RED	EA38X38X4.5	250	1	620	4	11	11	73v	148	0.076	550	5	18	200	0.091
8	816		RED	EA38X38X4.5	250	1	550	4	13	12	122v	91	0.147	620	3	13	200	0.063
8	817		RED	EA38X38X4.5	250	1	560	4	13	12	127v	85	0.152	620	4	14	200	0.069
8	818		RED	EA38X38X4.5	250	1	620	4	12	11	73v	148	0.079	560	4	17	200	0.086



8	819	RED EA38X38X4.5	250	1	520	4	11	11	73v	148	0.076	590	5	18	200	0.091
8	820	RED EA38X38X4.5	250	1	590	4	13	12	122v	91	0.147	520	3	13	200	0.064
8	821	RED EA38X38X4.5	250	1	580	4	13	12	127v	85	0.151	520	4	14	200	0.069
8	822	RED EA38X38X4.5	250	1	520	4	12	11	73v	148	0.079	580	4	17	200	0.086
8	855	RED EA38X38X4.5	250	1	530	3	9	11	73v	148	0.061	590	4	15	200	0.076
8	856	RED EA38X38X4.5	250	1	590	4	11	12	122v	91	0.125	530	3	10	200	0.051
8	857	RED EA38X38X4.5	250	1	600	4	12	12	127v	85	0.141	540	3	11	200	0.057
8	858	RED EA38X38X4.5	250	1	540	3	10	11	73v	148	0.065	600	4	16	200	0.081
8	859	RED EA38X38X4.5	250	1	570	4	12	11	73v	148	0.081	510	5	20	200	0.103
8	860	RED EA38X38X4.5	250	1	510	5	15	12	122v	91	0.166	570	4	14	200	0.068
8	861	RED EA38X38X4.5	250	1	510	5	15	12	127v	85	0.176	570	4	14	200	0.069
8	862	RED EA38X38X4.5	250	1	570	4	11	11	73v	148	0.077	510	5	20	200	0.099
8	895	RED EA38X38X4.5	250	1	570	4	12	11	73v	148	0.081	510	5	20	200	0.103
8	896	RED EA38X38X4.5	250	1	510	5	15	12	122v	91	0.167	570	4	14	200	0.068
8	897	RED EA38X38X4.5	250	1	510	5	15	12	127v	85	0.177	570	4	14	200	0.069
8	898	RED EA38X38X4.5	250	1	570	4	12	11	73v	148	0.078	510	5	20	200	0.099
8	899	RED EA38X38X4.5	250	1	610	3	9	11	73v	148	0.060	550	4	15	200	0.076
8	900	RED EA38X38X4.5	250	1	550	4	11	12	122v	91	0.125	610	3	10	200	0.051
8	901	RED EA38X38X4.5	250	1	540	4	12	12	127v	85	0.142	600	3	11	200	0.057
8	902	RED EA38X38X4.5	250	1	600	3	10	11	73v	148	0.065	540	4	16	200	0.081
9	1001- 1004	LEG EA125X125X10	345	2	550	213	89	4	67v	197	0.450	610	170	77	275	0.278
9	1041- 1044	LEG EA125X125X10	345	2	590	213	89	4	67v	197	0.450	530	171	77	275	0.279
9	1081- 1084	LEG EA125X125X10	345	2	510	257	107	4	67v	197	0.543	570	196	88	275	0.321
9	1007- 1010	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	590	30	52	9	138v	72	0.726	540	24	47	200	0.238
9	1011- 1014	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	550	30	52	9	138v	72	0.726	600	24	48	200	0.238
9	1047- 1050	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	510	30	52	9	138v	72	0.721	570	24	46	200	0.230
9	1051- 1054	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	580	24	41	9	138v	72	0.570	520	22	43	200	0.218
9	1087- 1090	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	560	24	41	9	138v	72	0.572	620	22	44	200	0.218
9	1091- 1094	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	510	30	52	9	138v	72	0.719	570	23	46	200	0.229
9	1005- 1006	HOR EA50X50X4	250	2	550	3	8	14	126v	87	0.095	550	3	10	200	0.048
9	1045- 1046	HOR EA50X50X4	250	2	510	4	10	14	126v	87	0.115	510	4	12	200	0.059
9	1085- 1086	HOR EA50X50X4	250	2	510	4	10	14	126v	87	0.115	510	4	12	200	0.059
9	1109	PBR EA38X38X4.5	250	1	530	0	1	12	172v	47	0.029	590	1	2	200	0.010
9	1110	PBR EA38X38X4.5	250	1	570	0	1	12	172v	47	0.028	510	1	2	200	0.010
9	1111	PBR EA38X38X4.5	250	1	610	0	1	12	172v	47	0.029	550	1	2	200	0.010
9	1015	RED EA38X38X4.5	250	1	550	3	10	11	86v	135	0.073	550	4	15	200	0.075
9	1016	RED EA38X38X4.5	250	1	550	5	17	12	204v	33	0.509	610	4	16	200	0.080
9	1017	RED EA38X38X4.5	250	1	560	5	15	12	235v	25	0.609	620	4	17	200	0.084
9	1018	RED EA38X38X4.5	250	1	550	3	10	11	86v	135	0.073	550	3	12	200	0.062
9	1019	RED EA38X38X4.5	250	1	590	3	10	11	86v	135	0.073	590	4	15	200	0.075
9	1020	RED EA38X38X4.5	250	1	590	5	17	12	204v	33	0.509	530	4	16	200	0.081
9	1021	RED EA38X38X4.5	250	1	580	5	15	12	235v	25	0.608	520	4	17	200	0.084
9	1022	RED EA38X38X4.5	250	1	590	3	10	11	86v	135	0.073	590	3	12	200	0.062
9	1055	RED EA38X38X4.5	250	1	590	3	10	11	86v	135	0.073	590	3	13	200	0.066
9	1056	RED EA38X38X4.5	250	1	590	5	15	12	204v	33	0.452	590	4	15	200	0.073
9	1057	RED EA38X38X4.5	250	1	600	5	14	12	235v	25	0.579	590	4	17	200	0.084
9	1058	RED EA38X38X4.5	250	1	590	3	10	11	86v	135	0.073	590	3	12	200	0.062
9	1059	RED EA38X38X4.5	250	1	510	4	12	11	86v	135	0.088	510	4	17	200	0.084
9	1060	RED EA38X38X4.5	250	1	510	6	19	12	204v	33	0.569	510	5	18	200	0.088
9	1061	RED EA38X38X4.5	250	1	510	6	17	12	235v	25	0.695	510	5	20	200	0.101
9	1062	RED EA38X38X4.5	250	1	510	4	12	11	86v	135	0.088	510	4	15	200	0.075
9	1095	RED EA38X38X4.5	250	1	510	4	12	11	86v	135	0.088	510	4	17	200	0.084
9	1096	RED EA38X38X4.5	250	1	510	6	19	12	204v	33	0.570	510	5	18	200	0.088
9	1097	RED EA38X38X4.5	250	1	510	6	17	12	235v	25	0.698	510	5	20	200	0.101



9	1098	RED EA38X38X4.5	250	1	510	4	12	11	86v	135	0.088	510	4	15	200	0.075
9	1099	RED EA38X38X4.5	250	1	550	3	10	11	86v	135	0.073	550	3	13	200	0.066
9	1100	RED EA38X38X4.5	250	1	550	5	15	12	204v	33	0.452	550	4	15	200	0.073
9	1101	RED EA38X38X4.5	250	1	540	5	14	12	235v	25	0.580	550	4	17	200	0.084
9	1102	RED EA38X38X4.5	250	1	550	3	10	11	86v	135	0.073	550	3	12	200	0.062
10	1201- 1204	LEG EA125X125X10	345	2	550	286	119	4	66v	199	0.599	610	227	102	275	0.371
10	1241- 1244	LEG EA125X125X10	345	2	590	286	119	4	66v	199	0.598	530	228	102	275	0.372
10	1281- 1284	LEG EA125X125X10	345	2	510	337	140	4	66v	199	0.705	570	254	115	275	0.416
10	1207- 1210	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	590	27	46	9	140v	70	0.659	540	25	48	200	0.241
10	1211- 1214	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	550	27	46	9	140v	70	0.658	600	25	48	200	0.242
10	1247- 1250	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	510	27	46	9	140v	70	0.666	570	22	43	200	0.217
10	1251- 1254	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	580	24	41	9	140v	70	0.591	520	23	45	200	0.225
10	1287- 1290	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	560	24	41	9	140v	70	0.592	620	23	45	200	0.226
10	1291- 1294	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	510	27	46	9	140v	70	0.664	570	22	43	200	0.216
10	1205- 1206	HOR EA50X50X4	250	2	550	4	11	14	142v	68	0.164	550	4	13	200	0.065
10	1245- 1246	HOR EA50X50X4	250	2	510	5	13	14	142v	68	0.193	510	5	15	200	0.077
10	1285- 1286	HOR EA50X50X4	250	2	510	5	13	14	142v	68	0.193	510	5	15	200	0.077
10	1309	PBR EA38X38X4.5	250	1	530	0	1	12	207v	32	0.045	590	1	2	200	0.011
10	1310	PBR EA38X38X4.5	250	1	570	0	1	12	207v	32	0.044	510	1	2	200	0.011
10	1311	PBR EA38X38X4.5	250	1	610	0	1	12	207v	32	0.045	550	1	2	200	0.011
10	1215	RED EA38X38X4.5	250	1	550	4	13	11	103v	115	0.115	550	5	18	200	0.090
10	1216	RED EA38X38X4.5	250	1	550	6	17	12	216v	29	0.590	550	4	17	200	0.086
10	1217	RED EA38X38X4.5	250	1	560	5	16	12	238v	24	0.660	550	5	19	200	0.095
10	1218	RED EA38X38X4.5	250	1	550	4	13	11	103v	115	0.116	550	4	17	200	0.083
10	1219	RED EA38X38X4.5	250	1	590	4	13	11	103v	115	0.115	590	5	18	200	0.090
10	1220	RED EA38X38X4.5	250	1	590	6	17	12	216v	29	0.589	590	4	17	200	0.086
10	1221	RED EA38X38X4.5	250	1	580	5	16	12	238v	24	0.659	590	5	19	200	0.095
10	1222	RED EA38X38X4.5	250	1	590	4	13	11	103v	115	0.115	590	4	17	200	0.083
10	1255	RED EA38X38X4.5	250	1	590	4	13	11	103v	115	0.115	590	4	16	200	0.083
10	1256	RED EA38X38X4.5	250	1	590	5	16	12	216v	29	0.529	590	4	17	200	0.086
10	1257	RED EA38X38X4.5	250	1	590	5	15	12	238v	24	0.630	590	5	19	200	0.095
10	1258	RED EA38X38X4.5	250	1	590	4	13	11	103v	115	0.115	590	4	17	200	0.083
10	1259	RED EA38X38X4.5	250	1	510	5	16	11	103v	115	0.136	510	5	20	200	0.100
10	1260	RED EA38X38X4.5	250	1	510	6	19	12	216v	29	0.652	510	5	20	200	0.102
10	1261	RED EA38X38X4.5	250	1	510	6	18	12	238v	24	0.743	510	6	22	200	0.112
10	1262	RED EA38X38X4.5	250	1	510	5	16	11	103v	115	0.136	510	5	20	200	0.098
10	1295	RED EA38X38X4.5	250	1	510	5	16	11	103v	115	0.136	510	5	20	200	0.100
10	1296	RED EA38X38X4.5	250	1	510	6	19	12	216v	29	0.654	510	5	20	200	0.102
10	1297	RED EA38X38X4.5	250	1	510	6	18	12	238v	24	0.743	510	6	22	200	0.112
10	1298	RED EA38X38X4.5	250	1	510	5	16	11	103v	115	0.136	510	5	20	200	0.098
10	1299	RED EA38X38X4.5	250	1	550	4	13	11	103v	115	0.115	550	4	17	200	0.083
10	1300	RED EA38X38X4.5	250	1	550	5	16	12	216v	29	0.529	550	4	17	200	0.086
10	1301	RED EA38X38X4.5	250	1	550	5	15	12	238v	24	0.631	550	5	19	200	0.095
10	1302	RED EA38X38X4.5	250	1	550	4	13	11	103v	115	0.116	550	4	17	200	0.083
11	1401- 1404	LEG EA6X6X3/8	345	2	550	351	125	4	53v	191	0.656	610	279	106	275	0.385
11	1441- 1444	LEG EA6X6X3/8	345	2	590	350	125	4	53v	191	0.655	530	279	106	275	0.385
11	1481- 1484	LEG EA6X6X3/8	345	2	510	404	144	4	53v	191	0.756	570	306	116	275	0.423
11	1407- 1410	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	590	30	51	9	143v	67	0.766	540	25	48	200	0.240
11	1411- 1414	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	550	30	51	9	143v	67	0.765	600	25	48	200	0.240
11	1447- 1450	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	510	30	52	9	143v	67	0.772	570	24	47	200	0.234
11	1451- 1454	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	580	26	45	9	143v	67	0.675	520	24	46	200	0.231
11	1487- 1490	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	560	26	45	9	143v	67	0.676	620	24	46	200	0.232
11	1491- 1494	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	510	30	52	9	143v	67	0.772	570	24	46	200	0.233



11	1405- 1406	HOR EA50X50X4	250	2	550	5	14	14	158v	55	0.249	550	5	16	200	0.080
11	1445- 1446	HOR EA50X50X4	250	2	510	6	16	14	158v	55	0.288	510	6	18	200	0.092
11	1485- 1486	HOR EA50X50X4	250	2	510	6	16	14	158v	55	0.288	510	6	18	200	0.092
11	1509	PBR EA38X38X4.5	250	1	530	1	2	12	242v	23	0.075	590	1	3	200	0.013
11	1510	PBR EA38X38X4.5	250	1	570	1	2	12	242v	23	0.075	510	1	3	200	0.013
11	1511	PBR EA38X38X4.5	250	1	610	1	2	12	242v	23	0.075	550	1	3	200	0.013
11	1415	RED EA50X50X4	250	1	550	5	14	11	91v	130	0.105	550	6	19	200	0.096
11	1416	RED EA50X50X4	250	1	550	6	17	12	171v	47	0.362	620	5	15	200	0.077
11	1417	RED EA50X50X4	250	1	560	5	14	12	183v	41	0.347	550	5	16	200	0.080
11	1418	RED EA50X50X4	250	1	550	5	14	11	91v	130	0.106	550	5	16	200	0.080
11	1419	RED EA50X50X4	250	1	590	5	14	11	91v	130	0.105	590	6	19	200	0.096
11	1420	RED EA50X50X4	250	1	590	6	17	12	171v	47	0.361	520	5	15	200	0.077
11	1421	RED EA50X50X4	250	1	580	5	14	12	183v	41	0.346	590	5	16	200	0.080
11	1422	RED EA50X50X4	250	1	590	5	14	11	91v	130	0.105	590	5	16	200	0.080
11	1455	RED EA50X50X4	250	1	590	5	14	11	91v	130	0.105	590	6	18	200	0.089
11	1456	RED EA50X50X4	250	1	590	6	16	12	171v	47	0.338	590	5	15	200	0.075
11	1457	RED EA50X50X4	250	1	590	5	14	12	183v	41	0.339	590	5	16	200	0.080
11	1458	RED EA50X50X4	250	1	590	5	14	11	91v	130	0.105	590	5	16	200	0.080
11	1459	RED EA50X50X4	250	1	510	6	16	11	91v	130	0.121	510	7	21	200	0.106
11	1460	RED EA50X50X4	250	1	510	7	19	12	171v	47	0.399	510	6	17	200	0.087
11	1461	RED EA50X50X4	250	1	510	6	16	12	183v	41	0.394	510	6	18	200	0.093
11	1462	RED EA50X50X4	250	1	510	6	16	11	91v	130	0.122	510	6	18	200	0.093
11	1495	RED EA50X50X4	250	1	510	6	16	11	91v	130	0.121	510	7	21	200	0.106
11	1496	RED EA50X50X4	250	1	510	7	19	12	171v	47	0.400	510	6	17	200	0.087
11	1497	RED EA50X50X4	250	1	510	6	16	12	183v	41	0.395	510	6	18	200	0.093
11	1498	RED EA50X50X4	250	1	510	6	16	11	91v	130	0.122	510	6	18	200	0.093
11	1499	RED EA50X50X4	250	1	550	5	14	11	91v	130	0.105	550	6	18	200	0.089
11	1500	RED EA50X50X4	250	1	550	6	16	12	171v	47	0.338	550	5	15	200	0.075
11	1501	RED EA50X50X4	250	1	550	5	14	12	183v	41	0.339	550	5	16	200	0.080
11	1502	RED EA50X50X4	250	1	550	5	14	11	91v	130	0.106	550	5	16	200	0.080
12	1601- 1604	LEG EA6X6X1/2	345	2	550	423	114	4	53v	219	0.522	610	333	96	275	0.348
12	1641- 1644	LEG EA6X6X1/2	345	2	590	422	114	4	53v	219	0.521	530	334	96	275	0.349
12	1681- 1684	LEG EA6X6X1/2	345	2	510	480	130	4	53v	219	0.593	570	361	104	275	0.378
12	1607- 1610	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	590	28	47	9	147v	64	0.746	540	25	48	200	0.240
12	1611- 1614	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	550	28	47	9	147v	64	0.745	600	25	48	200	0.241
12	1647- 1650	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	510	28	48	9	147v	64	0.754	570	23	44	200	0.221
12	1651- 1654	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	580	26	44	9	147v	64	0.698	520	24	46	200	0.231
12	1687- 1690	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	560	26	45	9	147v	64	0.699	620	24	46	200	0.231
12	1691- 1694	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	510	28	48	9	147v	64	0.753	570	23	44	200	0.221
12	1730- 1733	HOR EA50X50X4	250	2	550	6	16	14	128x	84	0.197	550	6	19	200	0.097
12	1734- 1737	HOR EA50X50X4	250	2	510	7	19	14	128x	84	0.224	510	7	22	200	0.110
12	1738- 1741	HOR EA50X50X4	250	2	510	7	19	14	128x	84	0.224	510	7	22	200	0.110
12	1707- 1708	PBR EA50X50X4	250	1	620	1	2	12	133x	77	0.021	550	1	2	200	0.012
12	1709	PBR EA38X38X4.5	250	1	620	0	0	12	139v	71	0.001	550	0	0	200	0.001
12	1710	PBR EA38X38X4.5	250	1	580	0	1	12	139v	71	0.009	510	0	1	200	0.004
12	1711	PBR EA38X38X4.5	250	1	510	0	1	12	139v	71	0.009	580	0	1	200	0.004
12	1716- 1717	PBR EA50X50X4	250	1	520	1	2	12	133x	77	0.021	590	1	2	200	0.012
12	1718	PBR EA38X38X4.5	250	1	520	0	0	12	139v	71	0.001	590	0	0	200	0.001
12	1719	PBR EA38X38X4.5	250	1	510	0	1	12	139v	71	0.009	560	0	1	200	0.004
12	1720	PBR EA38X38X4.5	250	1	560	0	1	12	139v	71	0.009	510	0	1	200	0.004
12	1725- 1726	PBR EA50X50X4	250	1	570	1	2	12	133x	77	0.021	510	1	2	200	0.011
12	1727	PBR EA38X38X4.5	250	1	570	0	0	12	139v	71	0.001	510	0	0	200	0.001
12	1728	PBR EA38X38X4.5	250	1	550	0	1	12	139v	71	0.009	590	0	1	200	0.004
12	1729	PBR EA38X38X4.5	250	1	590	0	1	12	139v	71	0.009	550	0	1	200	0.004



12	1615	RED EA50X50X4	250	1	550	6	16	11	104v	114	0.144	550	7	20	200	0.101
12	1616	RED EA50X50X4	250	1	550	6	16	12	180v	42	0.384	550	5	17	200	0.083
12	1617	RED EA50X50X4	250	1	550	6	15	12	188v	39	0.385	550	6	17	200	0.087
12	1618	RED EA50X50X4	250	1	550	6	17	11	104v	114	0.144	550	6	19	200	0.097
12	1619	RED EA50X50X4	250	1	590	6	16	11	104v	114	0.143	590	7	20	200	0.101
12	1620	RED EA50X50X4	250	1	590	6	16	12	180v	42	0.383	590	5	17	200	0.083
12	1621	RED EA50X50X4	250	1	590	6	15	12	188v	39	0.384	590	6	17	200	0.087
12	1622	RED EA50X50X4	250	1	590	6	16	11	104v	114	0.144	590	6	19	200	0.097
12	1655	RED EA50X50X4	250	1	590	6	16	11	104v	114	0.143	590	6	19	200	0.096
12	1656	RED EA50X50X4	250	1	590	6	15	12	180v	42	0.360	590	5	17	200	0.083
12	1657	RED EA50X50X4	250	1	590	6	15	12	188v	39	0.384	590	6	17	200	0.087
12	1658	RED EA50X50X4	250	1	590	6	16	11	104v	114	0.144	590	6	19	200	0.097
12	1659	RED EA50X50X4	250	1	510	7	19	11	104v	114	0.163	510	7	22	200	0.111
12	1660	RED EA50X50X4	250	1	510	7	18	12	180v	42	0.420	510	6	19	200	0.094
12	1661	RED EA50X50X4	250	1	510	6	17	12	188v	39	0.437	510	6	20	200	0.099
12	1662	RED EA50X50X4	250	1	510	7	19	11	104v	114	0.164	510	7	22	200	0.110
12	1695	RED EA50X50X4	250	1	510	7	19	11	104v	114	0.163	510	7	22	200	0.111
12	1696	RED EA50X50X4	250	1	510	7	18	12	180v	42	0.420	510	6	19	200	0.094
12	1697	RED EA50X50X4	250	1	510	6	17	12	188v	39	0.437	510	6	20	200	0.099
12	1698	RED EA50X50X4	250	1	510	7	19	11	104v	114	0.164	510	7	22	200	0.110
12	1699	RED EA50X50X4	250	1	550	6	16	11	104v	114	0.144	550	6	19	200	0.096
12	1700	RED EA50X50X4	250	1	550	6	15	12	180v	42	0.360	550	5	17	200	0.083
12	1701	RED EA50X50X4	250	1	550	6	15	12	188v	39	0.385	550	6	17	200	0.087
12	1702	RED EA50X50X4	250	1	550	6	17	11	104v	114	0.144	550	6	19	200	0.097
13	1801-1804	LEG EA6X6X1/2	345	2	550	491	133	4	53v	220	0.604	610	383	110	275	0.401
13	1841-1844	LEG EA6X6X1/2	345	2	590	490	132	4	53v	220	0.603	530	384	111	275	0.402
13	1881-1884	LEG EA6X6X1/2	345	2	510	550	149	4	53v	220	0.677	570	412	119	275	0.431
13	1807-1810	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	590	29	51	9	151v	60	0.844	540	25	48	200	0.241
13	1811-1814	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	550	29	51	9	151v	60	0.843	600	25	48	200	0.241
13	1847-1850	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	510	30	51	9	151v	60	0.850	570	24	46	200	0.231
13	1851-1854	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	580	27	47	9	151v	60	0.779	520	24	47	200	0.235
13	1887-1890	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	560	27	47	9	151v	60	0.779	620	24	47	200	0.235
13	1891-1894	XBR EA2.5X2.5X3/16	250	2	510	30	51	9	151v	60	0.850	570	24	46	200	0.231
13	1930-1933	HOR EA50X50X4	250	2	550	7	19	14	138x	72	0.266	550	7	22	200	0.112
13	1934-1937	HOR EA50X50X4	250	2	510	8	21	14	138x	72	0.298	510	8	25	200	0.125
13	1938-1941	HOR EA50X50X4	250	2	510	8	21	14	138x	72	0.298	510	8	25	200	0.125
13	1907-1908	PBR EA50X50X4	250	1	620	1	2	12	150x	61	0.025	550	1	2	200	0.011
13	1909	PBR EA38X38X4.5	250	1	610	0	0	12	156v	56	0.002	550	0	0	200	0.001
13	1910	PBR EA38X38X4.5	250	1	580	0	1	12	156v	56	0.011	510	0	1	200	0.004
13	1911	PBR EA38X38X4.5	250	1	510	0	1	12	156v	56	0.010	580	0	1	200	0.004
13	1916-1917	PBR EA50X50X4	250	1	520	1	2	12	150x	61	0.025	590	1	2	200	0.011
13	1918	PBR EA38X38X4.5	250	1	530	0	0	12	156v	56	0.002	590	0	0	200	0.001
13	1919	PBR EA38X38X4.5	250	1	510	0	1	12	156v	56	0.010	560	0	1	200	0.004
13	1920	PBR EA38X38X4.5	250	1	560	0	1	12	156v	56	0.011	510	0	1	200	0.004
13	1925-1926	PBR EA50X50X4	250	1	570	1	2	12	150x	61	0.025	510	1	2	200	0.011
13	1927	PBR EA38X38X4.5	250	1	570	0	0	12	156v	56	0.002	510	0	0	200	0.001
13	1928	PBR EA38X38X4.5	250	1	550	0	1	12	156v	56	0.010	590	0	1	200	0.004
13	1929	PBR EA38X38X4.5	250	1	590	0	1	12	156v	56	0.010	550	0	1	200	0.004
13	1815	RED EA50X50X4	250	1	550	7	19	11	118v	98	0.195	550	7	22	200	0.112
13	1816	RED EA50X50X4	250	1	550	6	16	12	189v	38	0.417	550	6	18	200	0.090
13	1817	RED EA50X50X4	250	1	550	6	16	12	195v	36	0.436	550	6	18	200	0.092
13	1818	RED EA50X50X4	250	1	550	7	19	11	118v	98	0.196	550	7	22	200	0.112
13	1819	RED EA50X50X4	250	1	590	7	19	11	118v	98	0.194	590	7	22	200	0.111
13	1820	RED EA50X50X4	250	1	590	6	16	12	189v	38	0.416	590	6	18	200	0.090



13	1821	RED EA50X50X4	250	1	590	6	16	12	195v	36	0.436	590	6	18	200	0.092
13	1822	RED EA50X50X4	250	1	590	7	19	11	118v	98	0.196	590	7	22	200	0.112
13	1855	RED EA50X50X4	250	1	590	7	19	11	118v	98	0.194	590	7	22	200	0.111
13	1856	RED EA50X50X4	250	1	590	6	15	12	189v	38	0.400	590	6	18	200	0.090
13	1857	RED EA50X50X4	250	1	590	6	16	12	195v	36	0.436	590	6	18	200	0.092
13	1858	RED EA50X50X4	250	1	590	7	19	11	118v	98	0.196	590	7	22	200	0.112
13	1859	RED EA50X50X4	250	1	510	8	21	11	118v	98	0.218	510	8	25	200	0.125
13	1860	RED EA50X50X4	250	1	510	7	17	12	189v	38	0.450	510	7	20	200	0.101
13	1861	RED EA50X50X4	250	1	510	7	18	12	195v	36	0.489	510	7	21	200	0.104
13	1862	RED EA50X50X4	250	1	510	8	21	11	118v	98	0.220	510	8	25	200	0.126
13	1895	RED EA50X50X4	250	1	510	8	21	11	118v	98	0.218	510	8	25	200	0.125
13	1896	RED EA50X50X4	250	1	510	7	17	12	189v	38	0.450	510	7	20	200	0.101
13	1897	RED EA50X50X4	250	1	510	7	18	12	195v	36	0.489	510	7	21	200	0.104
13	1898	RED EA50X50X4	250	1	510	8	21	11	118v	98	0.220	510	8	25	200	0.126
13	1899	RED EA50X50X4	250	1	550	7	19	11	118v	98	0.195	550	7	22	200	0.112
13	1900	RED EA50X50X4	250	1	550	6	15	12	189v	38	0.401	550	6	18	200	0.090
13	1901	RED EA50X50X4	250	1	550	6	16	12	195v	36	0.436	550	6	18	200	0.092
13	1902	RED EA50X50X4	250	1	550	7	19	11	118v	98	0.196	550	7	22	200	0.112
14	2001- 2004	LEG EA6X6X1/2	345	2	550	562	152	4	52v	220	0.690	610	436	125	275	0.456
14	2041- 2044	LEG EA6X6X1/2	345	2	590	561	152	4	52v	220	0.690	530	436	126	275	0.456
14	2081- 2084	LEG EA6X6X1/2	345	2	510	624	169	4	52v	220	0.766	570	465	134	275	0.486
14	2007- 2010	XBR EA2.5X2.5X1/4	345	2	590	28	37	9	155v	57	0.651	540	25	39	275	0.141
14	2011- 2014	XBR EA2.5X2.5X1/4	345	2	550	28	37	9	155v	57	0.650	600	25	39	275	0.142
14	2047- 2050	XBR EA2.5X2.5X1/4	345	2	510	28	37	9	155v	57	0.655	580	23	37	275	0.133
14	2051- 2054	XBR EA2.5X2.5X1/4	345	2	580	27	36	9	155v	57	0.627	520	24	37	275	0.136
14	2087- 2090	XBR EA2.5X2.5X1/4	345	2	560	27	36	9	155v	57	0.628	620	24	37	275	0.136
14	2091- 2094	XBR EA2.5X2.5X1/4	345	2	510	28	37	9	155v	57	0.655	560	23	37	275	0.133
14	2130- 2133	HOR EA2.5X2.5X3/16	250	2	550	8	15	14	126x	86	0.169	550	8	16	200	0.082
14	2134- 2137	HOR EA2.5X2.5X3/16	250	2	510	9	16	14	126x	86	0.188	510	9	18	200	0.091
14	2138- 2141	HOR EA2.5X2.5X3/16	250	2	510	9	16	14	126x	86	0.188	510	9	18	200	0.091
14	2107- 2108	PBR EA50X50X4	250	1	620	1	1	12	167x	49	0.030	550	1	2	200	0.010
14	2109	PBR EA38X38X4.5	250	1	620	0	0	12	174v	45	0.002	620	0	0	200	0.001
14	2110	PBR EA38X38X4.5	250	1	580	0	1	12	174v	45	0.013	510	0	1	200	0.003
14	2111	PBR EA38X38X4.5	250	1	510	0	1	12	174v	45	0.012	580	0	1	200	0.004
14	2116- 2117	PBR EA50X50X4	250	1	520	1	1	12	167x	49	0.030	590	1	2	200	0.010
14	2118	PBR EA38X38X4.5	250	1	520	0	0	12	174v	45	0.002	520	0	0	200	0.001
14	2119	PBR EA38X38X4.5	250	1	510	0	1	12	174v	45	0.012	560	0	1	200	0.004
14	2120	PBR EA38X38X4.5	250	1	560	0	1	12	174v	45	0.013	510	0	1	200	0.003
14	2125- 2126	PBR EA50X50X4	250	1	570	1	1	12	167x	49	0.029	510	1	2	200	0.010
14	2127	PBR EA38X38X4.5	250	1	580	0	0	12	174v	45	0.002	580	0	0	200	0.001
14	2128	PBR EA38X38X4.5	250	1	550	0	1	12	174v	45	0.012	590	0	1	200	0.003
14	2129	PBR EA38X38X4.5	250	1	590	0	1	12	174v	45	0.012	550	0	1	200	0.003
14	2015	RED EA50X50X4	250	1	550	8	22	12	131v	80	0.273	550	8	26	200	0.128
14	2016	RED EA50X50X4	250	1	550	6	17	12	199v	35	0.481	550	6	19	200	0.098
14	2017	RED EA50X50X4	250	1	550	6	17	12	202v	34	0.503	550	6	20	200	0.099
14	2018	RED EA50X50X4	250	1	550	8	22	12	131v	80	0.274	550	8	26	200	0.129
14	2019	RED EA50X50X4	250	1	590	8	22	12	131v	80	0.273	590	8	26	200	0.128
14	2020	RED EA50X50X4	250	1	590	6	17	12	199v	35	0.480	590	6	19	200	0.098
14	2021	RED EA50X50X4	250	1	590	6	17	12	202v	34	0.502	590	6	20	200	0.099
14	2022	RED EA50X50X4	250	1	590	8	22	12	131v	80	0.273	590	8	26	200	0.129
14	2055	RED EA50X50X4	250	1	590	8	22	12	131v	80	0.273	590	8	26	200	0.128
14	2056	RED EA50X50X4	250	1	590	6	17	12	199v	35	0.480	590	6	19	200	0.098
14	2057	RED EA50X50X4	250	1	590	6	17	12	202v	34	0.502	590	6	20	200	0.099
14	2058	RED EA50X50X4	250	1	590	8	22	12	131v	80	0.273	590	8	26	200	0.129



14	2059	RED EA50X50X4	250	1	510	9	24	12	131v	80	0.303	510	9	28	200	0.143
14	2060	RED EA50X50X4	250	1	510	7	18	12	199v	35	0.534	510	7	22	200	0.108
14	2061	RED EA50X50X4	250	1	510	7	19	12	202v	34	0.558	510	7	22	200	0.110
14	2062	RED EA50X50X4	250	1	510	9	24	12	131v	80	0.304	510	9	29	200	0.143
14	2095	RED EA50X50X4	250	1	510	9	24	12	131v	80	0.303	510	9	28	200	0.143
14	2096	RED EA50X50X4	250	1	510	7	18	12	199v	35	0.534	510	7	22	200	0.108
14	2097	RED EA50X50X4	250	1	510	7	19	12	202v	34	0.558	510	7	22	200	0.110
14	2098	RED EA50X50X4	250	1	510	9	24	12	131v	80	0.304	510	9	29	200	0.143
14	2099	RED EA50X50X4	250	1	550	8	22	12	131v	80	0.273	550	8	26	200	0.128
14	2100	RED EA50X50X4	250	1	550	6	17	12	199v	35	0.481	550	6	19	200	0.098
14	2101	RED EA50X50X4	250	1	550	6	17	12	202v	34	0.503	550	6	20	200	0.099
14	2102	RED EA50X50X4	250	1	550	8	22	12	131v	80	0.274	550	8	26	200	0.129
15	2201- 2204	LEG EA6X6X1/2	345	2	550	627	170	4	52v	220	0.769	610	481	139	275	0.503
15	2241- 2244	LEG EA6X6X1/2	345	2	590	626	169	4	52v	220	0.768	530	482	139	275	0.504
15	2281- 2284	LEG EA6X6X1/2	345	2	510	690	186	4	52v	220	0.846	570	511	147	275	0.534
15	2207- 2210	XBR EA2.5X2.5X1/4	345	2	590	30	39	9	160v	53	0.741	540	24	37	275	0.136
15	2211- 2214	XBR EA2.5X2.5X1/4	345	2	550	30	39	9	160v	53	0.740	600	24	37	275	0.136
15	2247- 2250	XBR EA2.5X2.5X1/4	345	2	510	30	40	9	160v	53	0.748	570	23	37	275	0.134
15	2251- 2254	XBR EA2.5X2.5X1/4	345	2	590	28	37	9	160v	53	0.695	520	24	37	275	0.135
15	2287- 2290	XBR EA2.5X2.5X1/4	345	2	550	28	37	9	160v	53	0.695	620	24	37	275	0.135
15	2291- 2294	XBR EA2.5X2.5X1/4	345	2	510	30	40	9	160v	53	0.748	570	23	37	275	0.134
15	2330- 2333	HOR EA2.5X2.5X3/16	250	2	550	9	16	14	135x	76	0.213	550	9	18	200	0.091
15	2334- 2337	HOR EA2.5X2.5X3/16	250	2	510	10	18	14	135x	76	0.234	510	10	20	200	0.101
15	2338- 2341	HOR EA2.5X2.5X3/16	250	2	510	10	18	14	135x	76	0.234	510	10	20	200	0.101
15	2307- 2308	PBR EA50X50X4	250	1	620	1	1	12	183x	41	0.035	550	1	2	200	0.010
15	2309	PBR EA38X38X4.5	250	1	610	0	0	12	191v	37	0.003	550	0	0	200	0.001
15	2310	PBR EA38X38X4.5	250	1	580	0	1	12	191v	37	0.015	510	0	1	200	0.003
15	2311	PBR EA38X38X4.5	250	1	510	0	1	12	191v	37	0.014	580	0	1	200	0.003
15	2316- 2317	PBR EA50X50X4	250	1	520	1	1	12	183x	41	0.035	590	1	2	200	0.010
15	2318	PBR EA38X38X4.5	250	1	530	0	0	12	191v	37	0.003	590	0	0	200	0.001
15	2319	PBR EA38X38X4.5	250	1	510	0	1	12	191v	37	0.014	560	0	1	200	0.003
15	2320	PBR EA38X38X4.5	250	1	560	0	1	12	191v	37	0.015	510	0	1	200	0.003
15	2325- 2326	PBR EA50X50X4	250	1	570	1	1	12	183x	41	0.034	510	1	2	200	0.010
15	2327	PBR EA38X38X4.5	250	1	570	0	0	12	191v	37	0.003	510	0	0	200	0.001
15	2328	PBR EA38X38X4.5	250	1	550	0	1	12	191v	37	0.014	590	0	1	200	0.003
15	2329	PBR EA38X38X4.5	250	1	590	0	1	12	191v	37	0.014	550	0	1	200	0.003
15	2215	RED EA50X50X4	250	1	550	9	24	12	144v	66	0.368	550	9	28	200	0.143
15	2216	RED EA50X50X4	250	1	550	7	18	12	209v	31	0.560	550	7	21	200	0.103
15	2217	RED EA50X50X4	250	1	550	7	18	12	210v	31	0.569	550	7	21	200	0.104
15	2218	RED EA50X50X4	250	1	550	9	24	12	144v	66	0.370	550	9	29	200	0.144
15	2219	RED EA50X50X4	250	1	590	9	24	12	144v	66	0.367	590	9	28	200	0.142
15	2220	RED EA50X50X4	250	1	590	7	18	12	209v	31	0.560	590	7	21	200	0.103
15	2221	RED EA50X50X4	250	1	590	7	18	12	210v	31	0.568	590	7	21	200	0.104
15	2222	RED EA50X50X4	250	1	590	9	24	12	144v	66	0.370	590	9	29	200	0.143
15	2255	RED EA50X50X4	250	1	590	9	24	12	144v	66	0.367	590	9	28	200	0.142
15	2256	RED EA50X50X4	250	1	590	7	18	12	209v	31	0.560	590	7	21	200	0.103
15	2257	RED EA50X50X4	250	1	590	7	18	12	210v	31	0.568	590	7	21	200	0.104
15	2258	RED EA50X50X4	250	1	590	9	24	12	144v	66	0.370	590	9	29	200	0.143
15	2259	RED EA50X50X4	250	1	510	10	27	12	144v	66	0.405	510	10	31	200	0.157
15	2260	RED EA50X50X4	250	1	510	7	19	12	209v	31	0.617	510	7	23	200	0.114
15	2261	RED EA50X50X4	250	1	510	7	19	12	210v	31	0.626	510	7	23	200	0.114
15	2262	RED EA50X50X4	250	1	510	10	27	12	144v	66	0.407	510	10	32	200	0.158
15	2295	RED EA50X50X4	250	1	510	10	27	12	144v	66	0.405	510	10	31	200	0.157
15	2296	RED EA50X50X4	250	1	510	7	19	12	209v	31	0.617	510	7	23	200	0.114



15	2297	RED EA50X50X4	250	1	510	7	19	12	210v	31	0.626	510	7	23	200	0.114
15	2298	RED EA50X50X4	250	1	510	10	27	12	144v	66	0.407	510	10	32	200	0.158
15	2299	RED EA50X50X4	250	1	550	9	24	12	144v	66	0.368	550	9	28	200	0.143
15	2300	RED EA50X50X4	250	1	550	7	18	12	209v	31	0.560	550	7	21	200	0.103
15	2301	RED EA50X50X4	250	1	550	7	18	12	210v	31	0.569	550	7	21	200	0.104
15	2302	RED EA50X50X4	250	1	550	9	24	12	144v	66	0.370	550	9	29	200	0.144
16	2401	RED EA38X38X4.5	250	1	580	0	1	11	86v	135	0.006	510	0	1	200	0.006
16	2402	RED EA38X38X4.5	250	1	590	0	1	11	86v	135	0.008	590	0	1	200	0.006
16	2403	RED EA38X38X4.5	250	1	550	0	1	11	86v	135	0.008	550	0	1	200	0.006
16	2404	RED EA38X38X4.5	250	1	510	0	1	11	86v	135	0.008	510	0	1	200	0.007
16	2405	RED EA38X38X4.5	250	1	550	0	1	11	86v	135	0.010	550	0	2	200	0.009
16	2406	RED EA38X38X4.5	250	1	590	0	1	11	86v	135	0.010	590	0	2	200	0.009
16	2407	RED EA38X38X4.5	250	1	570	0	1	11	103v	115	0.006	510	0	1	200	0.005
16	2408	RED EA38X38X4.5	250	1	600	0	1	11	103v	115	0.008	600	0	1	200	0.006
16	2409	RED EA38X38X4.5	250	1	540	0	1	11	103v	115	0.008	540	0	1	200	0.006
16	2410	RED EA38X38X4.5	250	1	510	0	1	11	103v	115	0.008	510	0	1	200	0.006
16	2411	RED EA38X38X4.5	250	1	550	0	1	11	103v	115	0.011	550	0	2	200	0.008
16	2412	RED EA38X38X4.5	250	1	590	0	1	11	103v	115	0.011	590	0	2	200	0.008
16	2413	RED EA38X38X4.5	250	1	580	0	1	12	121v	93	0.009	580	0	1	200	0.005
16	2414	RED EA38X38X4.5	250	1	590	0	1	12	121v	93	0.011	590	0	1	200	0.006
16	2415	RED EA38X38X4.5	250	1	550	0	1	12	121v	93	0.011	550	0	1	200	0.006
16	2416	RED EA38X38X4.5	250	1	510	0	1	12	121v	93	0.012	510	0	1	200	0.007
16	2417	RED EA38X38X4.5	250	1	550	0	1	12	121v	93	0.015	550	0	2	200	0.009
16	2418	RED EA38X38X4.5	250	1	590	0	1	12	121v	93	0.015	590	0	2	200	0.009
16	2419	RED EA38X38X4.5	250	1	580	0	1	12	139v	71	0.012	580	0	1	200	0.005
16	2420	RED EA38X38X4.5	250	1	600	0	1	12	139v	71	0.013	600	0	1	200	0.006
16	2421	RED EA38X38X4.5	250	1	540	0	1	12	139v	71	0.013	540	0	1	200	0.006
16	2422	RED EA38X38X4.5	250	1	510	0	1	12	139v	71	0.014	510	0	1	200	0.006
16	2423	RED EA38X38X4.5	250	1	550	0	1	12	139v	71	0.018	550	0	2	200	0.008
16	2424	RED EA38X38X4.5	250	1	590	0	1	12	139v	71	0.018	590	0	2	200	0.008
16	2425	RED EA38X38X4.5	250	1	580	0	1	12	156v	56	0.017	580	0	1	200	0.006
16	2426	RED EA38X38X4.5	250	1	590	0	1	12	156v	56	0.018	590	0	1	200	0.006
16	2427	RED EA38X38X4.5	250	1	550	0	1	12	156v	56	0.018	550	0	1	200	0.006
16	2428	RED EA38X38X4.5	250	1	510	0	1	12	156v	56	0.020	510	0	1	200	0.007
16	2429	RED EA38X38X4.5	250	1	550	0	1	12	156v	56	0.024	550	0	2	200	0.009
16	2430	RED EA38X38X4.5	250	1	590	0	1	12	156v	56	0.024	590	0	2	200	0.009
16	2431	RED EA38X38X4.5	250	1	580	0	1	12	174v	45	0.020	580	0	1	200	0.006
16	2432	RED EA38X38X4.5	250	1	600	0	1	12	174v	45	0.022	600	0	1	200	0.006
16	2433	RED EA38X38X4.5	250	1	540	0	1	12	174v	45	0.022	540	0	1	200	0.006
16	2434	RED EA38X38X4.5	250	1	510	0	1	12	174v	45	0.023	510	0	1	200	0.006
16	2435	RED EA38X38X4.5	250	1	550	0	1	12	174v	45	0.028	550	0	2	200	0.008
16	2436	RED EA38X38X4.5	250	1	590	0	1	12	174v	45	0.028	590	0	2	200	0.008
16	2437	RED EA38X38X4.5	250	1	550	0	1	12	191v	37	0.025	550	0	1	200	0.006
16	2438	RED EA38X38X4.5	250	1	590	0	1	12	191v	37	0.030	590	0	1	200	0.007
16	2439	RED EA38X38X4.5	250	1	550	0	1	12	191v	37	0.030	550	0	1	200	0.007
16	2440	RED EA38X38X4.5	250	1	510	0	1	12	191v	37	0.032	510	0	1	200	0.007
16	2441	RED EA38X38X4.5	250	1	550	0	1	12	191v	37	0.037	550	0	2	200	0.009
16	2442	RED EA38X38X4.5	250	1	590	0	1	12	191v	37	0.037	590	0	2	200	0.009

Tabla IV: Mass Summary

Sect	Size	[X Y]	Fy (MPa)	L (m)	M (kg)
314	EA3X3X1/4	Y	345	6	42.69
414	EA100X100X6	Y	345	6	54.82
538	EA125X125X10	Y	345	36.05	679.09
612	EA6X6X1/2	Y	345	72.09	2093.86
638	EA6X6X3/8	Y	345	18.02	396.13
1516	EA38X38X4.5	Y	250	333.05	841.19
2316	EA50X50X4	Y	250	339.49	1023.35
2514	EA2.5X2.5X1/4	Y	345	109.23	643.1
2416	EA2.5X2.5X3/16	Y	250	255.69	1164.14
4516	EA100X100X8	Y	345	18.02	217.31
Total				1193.6	7155.68

4.7.2. Diseño por Operación: velocidad de viento 90km/h

4.7.2.1. Desplazamientos

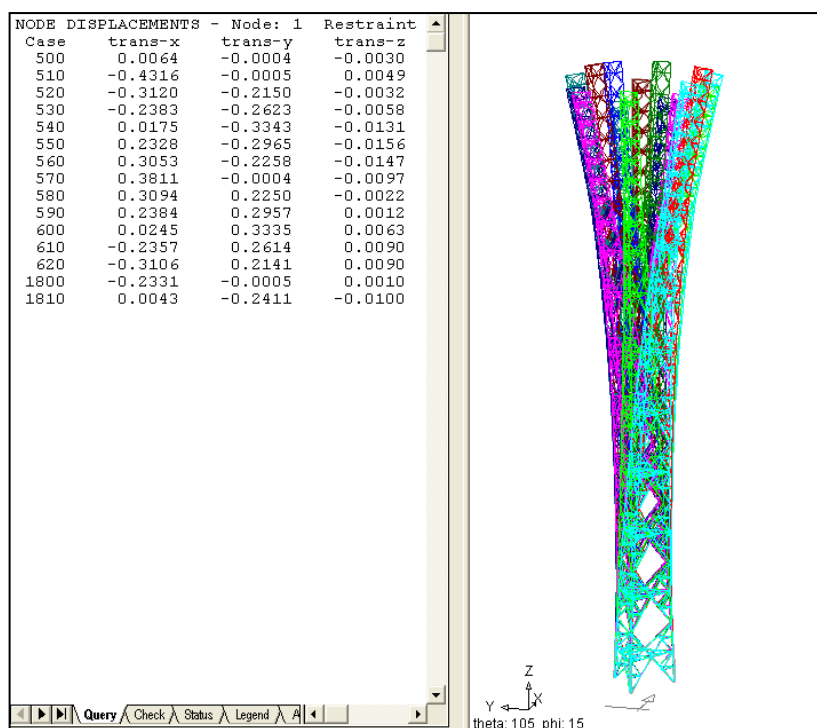


Figura 4.1: Vista de desplazamientos en la parte superior de la torre.

4.7.2.2. Rotación

Tabla V: Envelope of tower rotations

Pt	Height	LC	X-Rot	LC	Y_Rot	LC	Z-Rot
1	60	540	0.6188	510	0.8336	540	0.221
2	58	540	0.6161	510	0.8328	540	0.2066

3	56	540	0.6069	510	0.8209	540	0.1907
4	54	540	0.5925	510	0.7999	540	0.1733
5	52	540	0.5693	510	0.7638	540	0.1552
6	50	540	0.5412	510	0.7202	540	0.1372
7	48	540	0.51	510	0.6733	540	0.1219
8	45	540	0.4689	510	0.6128	540	0.0967
9	42	540	0.4213	510	0.5451	540	0.0787
10	36	540	0.3574	510	0.4566	540	0.0456
11	30	540	0.285	510	0.3602	540	0.0276
12	24	540	0.2196	510	0.2753	540	0.0169
13	18	540	0.1671	510	0.2081	600	0.0122
14	12	540	0.1133	510	0.1404	540	0.005
15	6	540	0.0564	510	0.0696	600	0.0178

4.7.3. Reacciones en la base

Tabla VI: Support reactions (applied to tower)

Case	Node	F _X	F _Y	F _Z	M _X	M _Y	M _Z
500	1405	-1.728	3.044	51.842	0.356	0.21	0
	1415	-1.714	-3.036	51.069	-0.347	0.206	0
	1435	3.441	-0.008	48.674	0.001	-0.377	0
	Resultant	0	0	151.585	-2.292	-9.533	0
510	1405	18.386	-21.392	-290.706	-1.768	0.52	-0.158
	1415	18.389	21.394	-291.479	1.776	0.517	0.158
	1435	65.866	-0.002	733.769	0.001	-3.743	0
	Resultant	102.641	0	151.584	-2.292	3523.851	0
520	1405	-2.197	14.129	135.824	-0.108	1.458	-0.149
	1415	24.868	40.881	-504.86	2.134	-0.845	0.038
	1435	44.928	3.664	520.621	-0.91	-2.829	0.107
	Resultant	67.598	58.674	151.585	-1908.122	2424.174	1.38
530	1405	-8.682	24.487	265.794	0.479	1.657	-0.134
	1415	24.107	42.544	-514.41	1.978	-1.177	-0.002
	1435	33.777	4.356	400.2	-1.089	-2.252	0.129
	Resultant	49.202	71.387	151.585	-2323.64	1803.061	2.618
540	1405	-21.643	44.393	540.247	1.942	2.045	-0.086
	1415	17.813	37.531	-422.866	1.142	-1.577	-0.085
	1435	2.57	4.77	34.204	-1.234	-0.267	0.151
	Resultant	-1.26	86.694	151.584	-2868.228	-84.057	6.94
550	1405	-30.339	53.906	669.297	2.781	1.714	-0.006
	1415	6.518	22.847	-213.709	-0.113	-1.572	-0.163
	1435	-28.381	4.825	-304.003	-1.221	1.383	0.153
	Resultant	-52.202	81.579	151.584	-2629.912	-1828.392	5.601

560	1405	-29.587	49.308	625.333	2.822	1.272	0.04
	1415	-1.091	9.964	-54.436	-0.783	-1.246	-0.169
	1435	-38.984	3.774	-419.312	-0.95	1.942	0.117
	Resultant	-69.661	63.046	151.585	-2024.624	-2423.116	4.06
570	1405	-19.109	24.187	347.9	2.187	-0.055	0.131
	1415	-19.085	-24.173	347.128	-2.179	-0.057	-0.131
	1435	-50.549	-0.014	-543.443	0.002	2.531	0
	Resultant	-88.743	0	151.585	-2.292	-3063.372	0
580	1405	-1.112	-9.952	-53.664	0.791	-1.243	0.169
	1415	-29.566	-49.296	624.561	-2.814	1.269	-0.04
	1435	-38.984	-3.798	-419.312	0.953	1.942	-0.117
	Resultant	-69.661	-63.046	151.585	2020.04	-2423.116	-4.06
590	1405	6.499	-22.836	-212.937	0.121	-1.569	0.163
	1415	-30.32	-53.896	668.525	-2.773	1.711	0.006
	1435	-28.381	-4.847	-304.003	1.224	1.383	-0.153
	Resultant	-52.202	-81.579	151.585	2625.328	-1828.392	-5.601
600	1405	17.799	-37.524	-422.094	-1.134	-1.574	0.085
	1415	-21.629	-44.385	539.475	-1.934	2.041	0.086
	1435	2.57	0	-4.786	34.204	1.237	-0.267
	Resultant	-1.26	-86.694	151.585	2863.645	-84.058	-6.94
610	1405	24.099	-42.539	-513.637	-1.97	-1.173	0.002
	1415	-8.674	-24.482	265.022	-0.47	1.653	0.134
	1435	33.777	-4.366	400.2	1.091	-2.252	-0.129
	Resultant	49.202	-71.387	151.585	2319.057	1803.061	-2.618
620	1405	24.861	-40.877	-504.088	-2.126	-0.842	-0.038
	1415	-2.191	-14.126	135.051	0.116	1.454	0.149
	1435	44.928	-3.671	520.621	0.912	-2.829	-0.107
	Resultant	67.598	-58.674	151.584	1903.538	2424.175	-1.38

4.8. Análisis de los resultados del cálculo estructural

La geometría planteada y con los perfiles angulares considerados cumple con las condiciones de resistencia evaluados a velocidad de viento de 100km/h (Velocidad de Supervivencia).

La estructura presenta las siguientes deformación es que han sido medidas en la cúspide de la estructura para una velocidad de viento de 90km/h (Velocidad de Operación).

Deflexión: $0.4316\text{m} = 0.412^\circ < 0.75^\circ$

Torsión: $0.221^\circ < 0.30^\circ$

Estas deformaciones son **mínimas** y no comprometen a la estructura.

Los máximos ratios de esfuerzos en los elementos principales por cada panel son los siguientes:

Tabla VII: Ratio de Montantes

Panel	Perfil	Ratio Máximo
1	L2.5"x2.5"x3/16"	0.111
2	L2.5"x2.5"x3/16"	0.270
3	L2.5"x2.5"x1/4"	0.328
4	L2.5"x2.5"x1/4"	0.514
5	L3"x3"x1/4"	0.560
6	L100x100x6mm	0.628
7	L100x100x8mm	0.463
8	L100x100x8mm	0.582
9	L125x125x10mm	0.543
10	L125x125x10mm	0.705
11	L6X6X3/8	0.756
12	L6X6X1/2	0.593
13	L6X6X1/2	0.677
14	L6X6X1/2	0.766
15	L6X6X1/2	0.846

Tabla VIII: Ratio de Diagonales

Panel	Perfil	Ratio Máximo
1	L1.5"x1.5"x3/16"	0.331
2	L1.5"x1.5"x3/16"	0.444
3	L1.5"x1.5"x3/16"	0.490
4	L1.5"x1.5"x3/16"	0.561
5	L1.5"x1.5"x3/16"	0.719
6	L50x50x4mm	0.5
7	L50x50x4mm	0.552
8	L50x50x4mm	0.517
9	L2.5"x2.5"x3/16"	0.726
10	L2.5"x2.5"x3/16"	0.666
11	L2.5"x2.5"x3/16"	0.772
12	L2.5"x2.5"x3/16"	0.754
13	L2.5"x2.5"x3/16"	0.850
14	L2.5"x2.5"x1/4"	0.655
15	L2.5"x2.5"x1/4"	0.748

Tabla IX: Ratio de Horizontales

Panel	Perfil	Ratio Máximo
1	L1.5"x1.5"x3/16"	0.136
2	L1.5"x1.5"x3/16"	0.044
3	L1.5"x1.5"x3/16"	0.021
4	L1.5"x1.5"x3/16"	0.033
5	L1.5"x1.5"x3/16"	0.074
6	L1.5"x1.5"x3/16"	0.068
7	L50x50x4mm	0.054
8	L50x50x4mm	0.077
9	L50x50x4mm	0.115
10	L50x50x4mm	0.193
11	L50x50x4mm	0.288
12	L50x50x4mm	0.224
13	L50x50x4mm	0.298
14	L2.5"x2.5"x3/16"	0.188
15	L2.5"x2.5"x3/16"	0.234

Capítulo 5

DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN Y PERNOS DE FUNDACIÓN

La cimentación tiene como objetivo ser el medio para que las cargas de la estructura, se transmitan al terreno produciendo en éste un sistema de esfuerzos que puedan ser resistidos con seguridad sin producir asentamientos, o con asentamientos tolerables, ya sean estos uniformes o diferenciales.

Los tipos de cimentación usados comúnmente en torres autoportadas, son zapatas aisladas, zapatas conectadas y losas de cimentación. En el caso particular del presente proyecto, se ha optado por la solución de la losa de cimentación.

La losa de cimentación soportará los tres pedestales que no están en línea recta y que proporcionan la máxima área de cimentación para un espacio determinado con la mínima presión en la cimentación y por tanto mayor seguridad contra la falla del suelo.

Son apropiadas para controlar asentamientos diferenciales en muy variadas situaciones de carga, disposición estructural y condiciones del suelo portante.

Se usan cuando las zapatas, zapatas conectadas, no son suficientes para transmitir las cargas y disminuir con ello la presión sobre el terreno o cuando al emplear zapatas éstas ocupen cerca del 50% del área del edificio en planta. Así mismo se recomienda usar este tipo de cimentación cuando se tienen suelos con capacidad de carga menores a 0.5 kg/cm^2 .

5.1. Proyecto Guzmango

5.1.1. Generalidades

5.1.1.1. Ubicación del proyecto

- Dirección : Comunidad Campesina San Francisco de Guzmango
- Coordenadas : Latitud : -7.37335°
Longitud : -78.88637°
- Distrito : Guzmango
- Provincia : Contumaza
- Departamento : Cajamarca

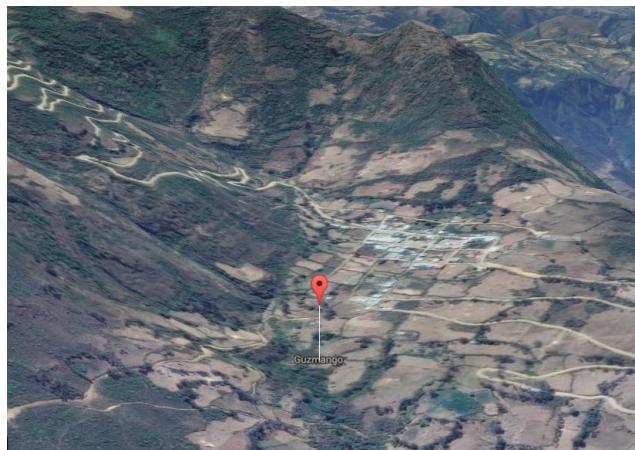


Figura 5. 1: Ubicación de Guzmango. GoogleMaps

5.1.1.2. Acceso al área de estudio

Tiene acceso desde Trujillo en movilidad hasta el distrito de Guzmango en 2 horas aproximadamente y luego en moto o automóvil desde Guzmango hasta el punto de estudio en 25 minutos por camino de herradura.



Figura 5. 2: Calle La libertad acceso de entrada al distrito de Guzmango.

5.1.1.3. Condición climática y altitud de la zona

En el departamento de Cajamarca tenemos variedad de climas:

Tropicales: En las provincias de Jaén y San Ignacio, y en los valles bajos como el de Condebamba y Crisnejas, con temperaturas promedio de 26°C y precipitaciones que varían de 900- 1 100mm.

Templados: con temperaturas agradables pero ligeramente frías en las noches que varían entre 13 - 15°C en valles interandinos y precipitaciones anuales de 700 -1000 mm.

Fríos: En la zona alta hay una formación ecológica especial con climas fríos y ventosos; temperaturas nocturnas inferiores a 12° C y precipitaciones de

900 – 1300 mm. En las zonas medias y altas existen temperaturas nocturnas diurnas elevadas que pueden llegar a los 20°C y bajas bruscamente en las noches y madrugadas a 0° C, sobre todo en invierno. La altitud promedio de la zona es de 3225 m.s.n.m.

5.1.2. Resumen de las condiciones de cimentación

- Tipo de cimentación: losa de cimentación / cimientos corridos
- Parámetros de diseño para la cimentación
 - Estrato de cimentación : “CL-ML”
 - Profundidad de desplante
 - a) Losa de cimentación : 2.00m.
 - b) Cimientos corridos : 1.00m.
 - Presión admisible :
 - a) Losa de cimentación : 1.34 kg/cm²
 - b) Cimientos corridos : 1.22 kg/cm²
 - Factor de seguridad por corte
 - a) Factor de seguridad para los parámetros de corte es de 2/3.
 - b) Factor de seguridad capacidad portante : 3.00
 - Asentamientos totales (máximos)
 - a) Losa de cimentación : 2.14cm
 - Agresividad del suelo de cimentación
Los contenidos de Sales Solubles Totales y Sulfatos no son perjudiciales al concreto, por lo que se utilizará Cemento Tipo I o IP.

5.2. Consideraciones para el diseño de cimentación

5.2.1. Comportamiento e idealización de la platea

El comportamiento de la platea de cimentación consiste en una losa flexible apoyada sobre resortes con una rigidez igual al módulo de reacción de subrasante. La cual se deforma ante la acción de las cargas proveniente de los muros. Las presiones generadas sobre el terreno tienen una distribución no lineal. La imagen 8.1 muestra la imagen del comportamiento de la platea así como la idealización del mismo.

Para el análisis de la cimentación se utilizó el programa de cómputo SAFE versión 8. Dicho programa emplea el método de elementos finitos para la obtención de las presiones actuantes en el terreno y los esfuerzos internos en la platea de cimentación. El programa no toma en cuenta las tracciones en el suelo.

El suelo sobre el cual se va a cimentar la estructura se considera dentro del modelo de la platea como un conjunto de resortes distribuidos uniformemente bajo toda la superficie.

La rigidez de los resortes (k) es igual al módulo de reacción de la subrasante, o más comúnmente llamado módulo de balasto. Para una presión admisible de 1.34 kg/cm^2 .

La imagen 5.10 muestra la imagen del modelo estructural usado para el análisis de la platea de cimentación.

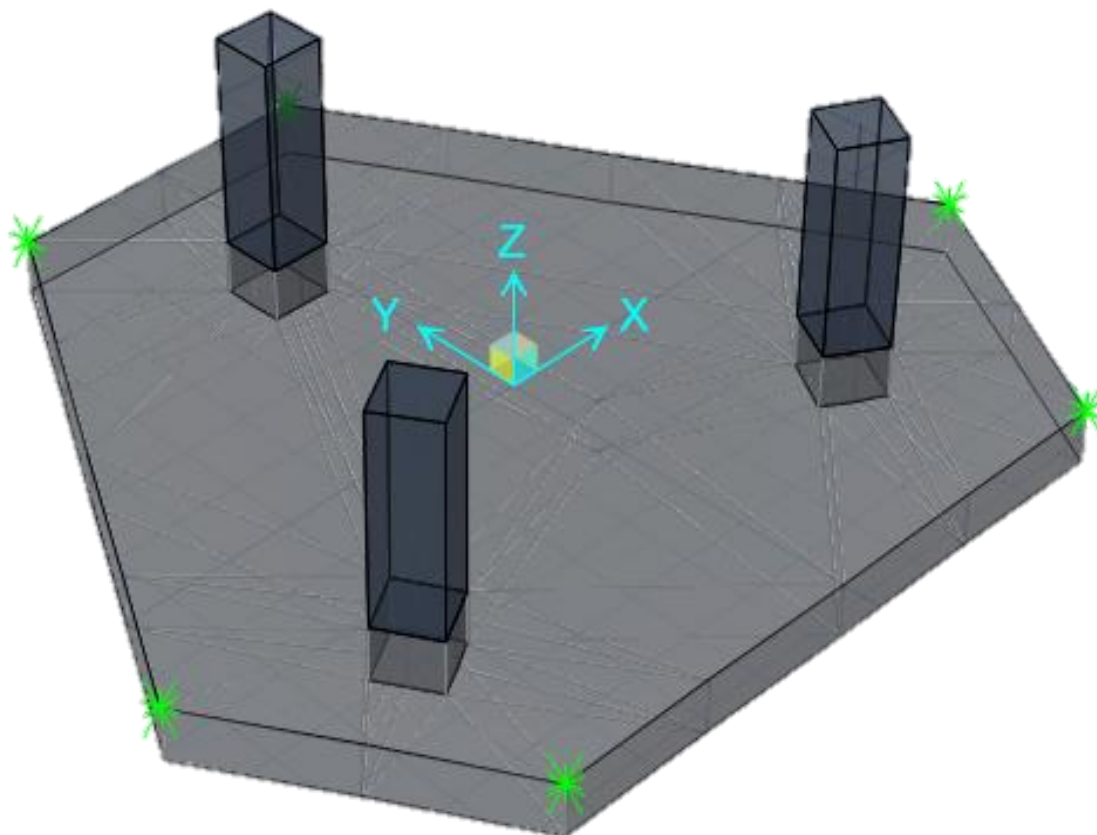


Figura 5. 3: Modelo estructural de la platea de cimentación.

5.3. Cargas proveniente de la torre

El diseño de cimentaciones para este tipo de estructuras lo rigen principalmente el momento de volteo y la capacidad de carga del suelo, por lo que es de suma importancia tomar en cuenta el efecto que ejerce el viento sobre ella.

La estructura a construirse es una torre autosoportada de acero de 60 metros de altura, de sección triangular, sometida a una velocidad de 100 km/h.

Basándonos en análisis estructurales para una velocidad de viento de 100 km/h y considerando los resultados más críticos, proponemos los siguientes valores, como base para el diseño de cimentación.

En el caso particular del presente proyecto, se ha optado por la solución de losa de cimentación.

Cargas de la torre obtenidas de MS-Tower:

- Caso 510:

Tabla X: Reacciones Caso 510

Nodo	Case 510 (Tn)		
	Fx	Fy	Fz
A	1.87	-2.18	-29.64
B	1.88	2.18	-29.72
C	6.72	0.00	74.82

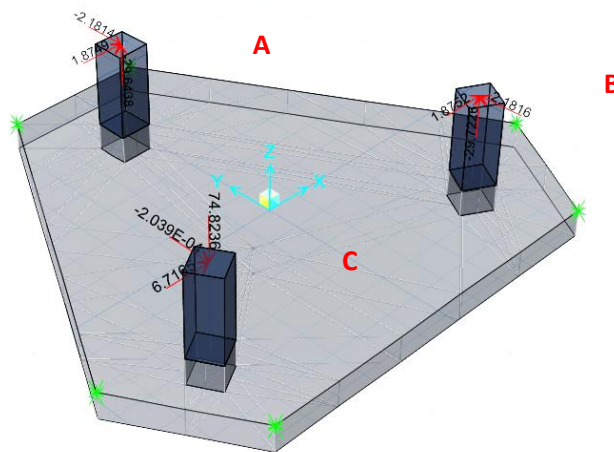


Figura 5. 4: Cargas provenientes de la torre aplicadas sobre el pedestal

- Caso 570:

Tabla XI: Reacciones Caso 570

Nodo	Case 570 (Tn)		
	Fx	Fy	Fz
A	-1.95	2.47	35.48
B	-1.95	-2.46	35.40
C	-5.15	0.00	-55.42

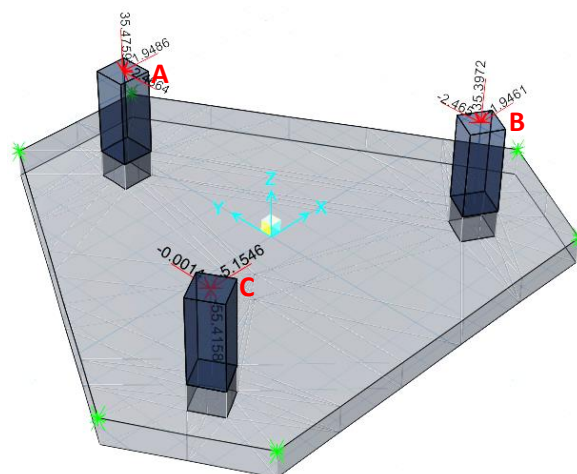


Figura 5. 5: Cargas provenientes de la torre aplicadas sobre el pedestal

5.4. Esfuerzos actuantes en el suelo

El estrato de apoyo de la platea es un relleno controlado de ingeniería con una presión máxima admisible de 1.34 kg/cm^2 . Dicha presión no debe ser excedida por las presiones provenientes de los casos de carga sin contar las acciones sísmicas.

5.4.1. Verificación de los esfuerzos máximos transmitidos por el terreno:

Siendo $Q_{adm} = 1.34 \text{ kg/cm}^2$

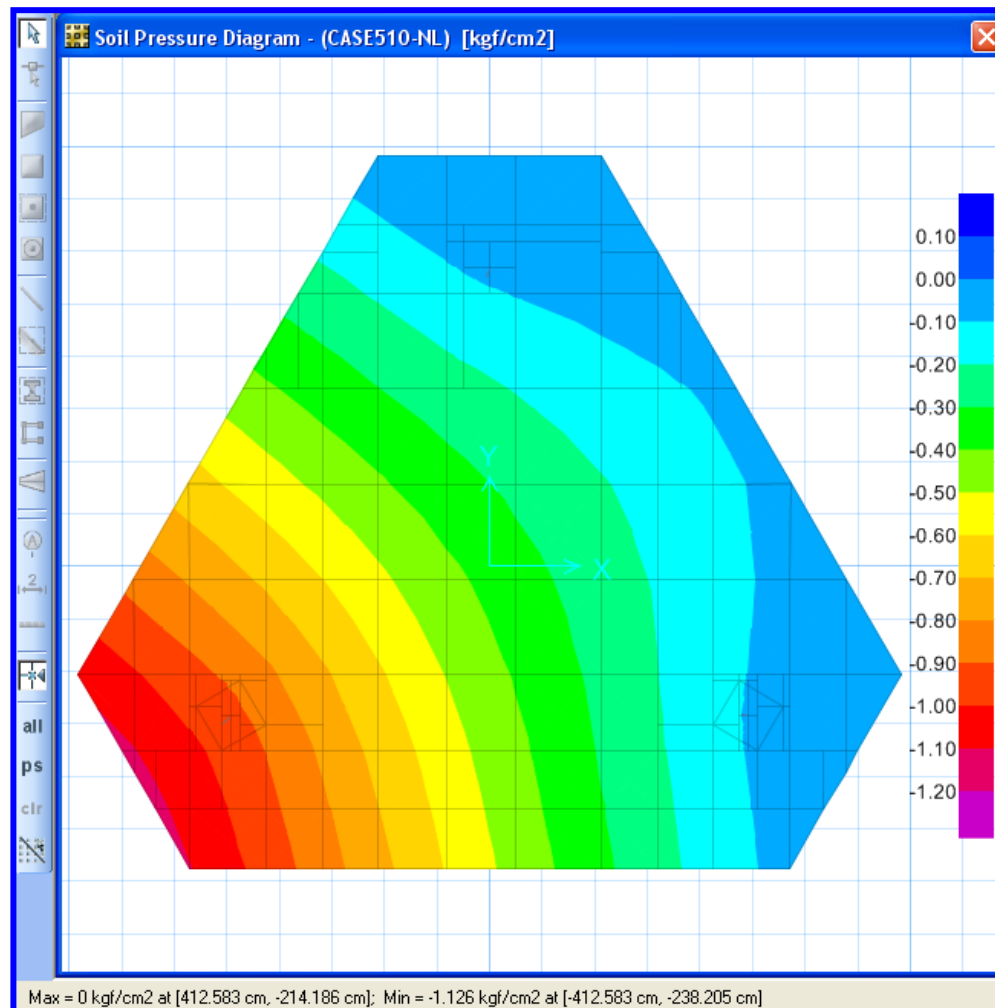


Figura 5. 6: Presiones en el suelo debido a cargas de gravedad (CM +CV)

Obteniendo como deformación máxima de 1.126 kg/cm^2 entonces:

$Q_{max} < Q_{adm} \Rightarrow \text{¡Verifica!}$

5.4.2. Verificación de las deformaciones máximas transmitidas por el terreno:

Siendo $\delta_{adm} = 2.14 \text{ kg/cm}^2$

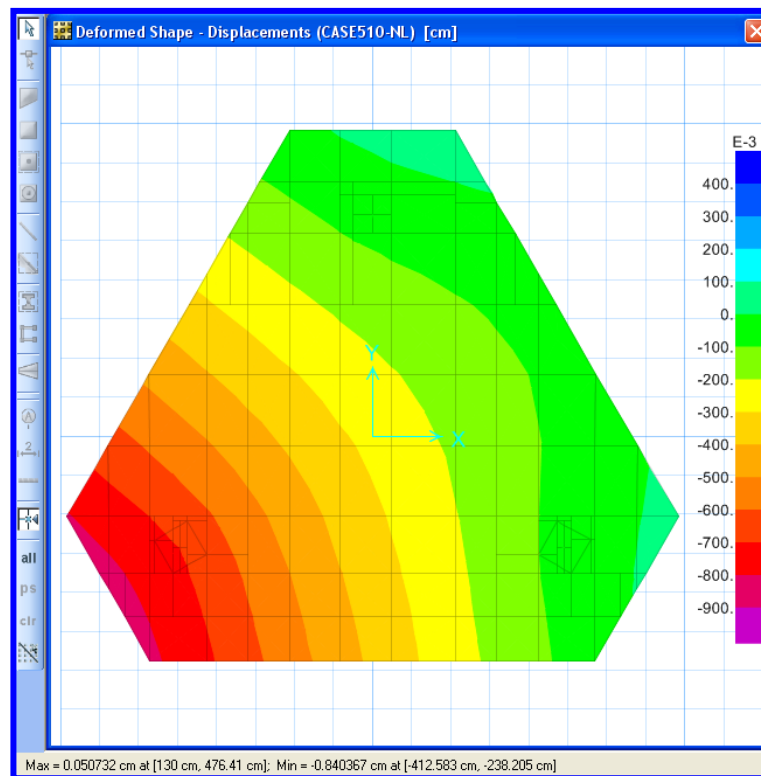


Figura 5. 7: Deformaciones en el suelo debido a cargas de gravedad.

Obteniendo como deformación máxima de 0.84 kg/cm^2 entonces:
 $\delta_{\max} < \delta_{\text{adm}} \Rightarrow \text{¡Verifica!}$

5.4.3. Diseño por flexión y cortante de la losa de cimentación

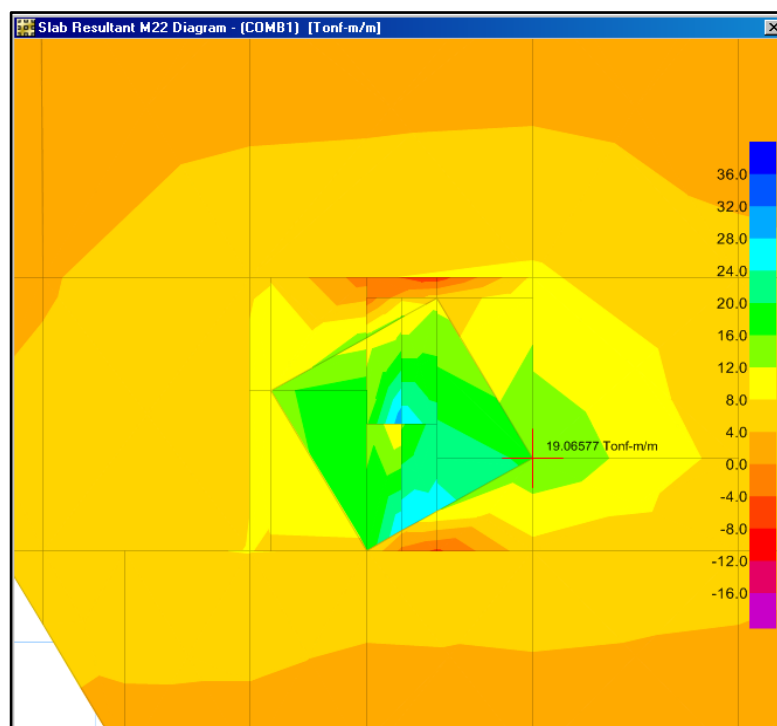


Figura 5. 8: Distribución de momentos flectores.

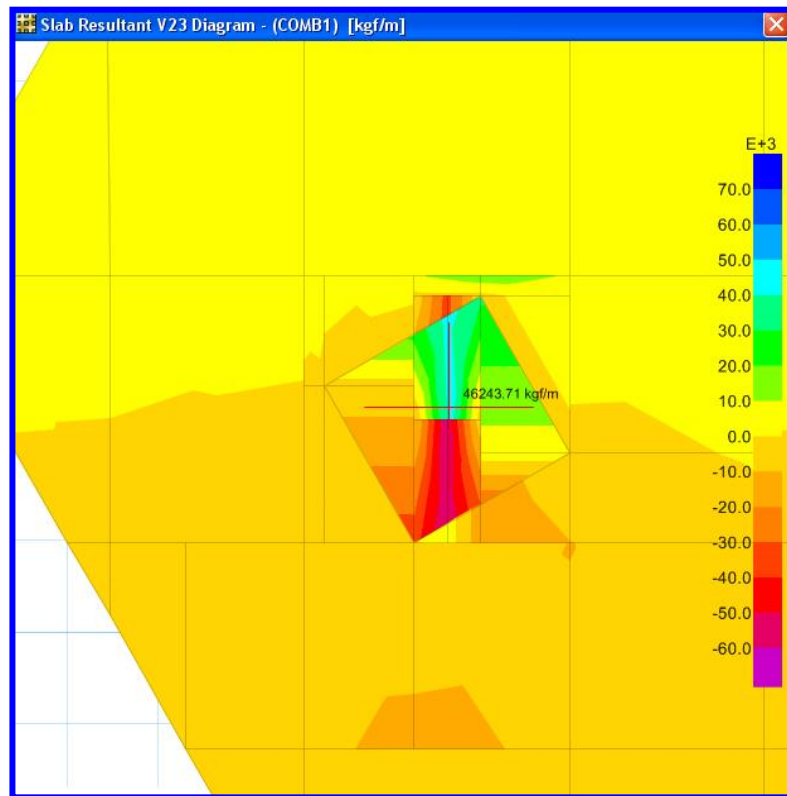


Figura 5. 9: Distribución de fuerzas cortantes.

5.5. Diseño de refuerzo en la losa de cimentación

Se presenta a continuación el procedimiento de diseño para la losa de cimentación. La tabla XII muestra los momentos últimos obtenidos en ambas direcciones, así como el área de acero requerido y el refuerzo colocado.

Tabla XII: Diseño por Flexión

Mu	w	ρ	As	As-min.
19.07 tn-m	0.06	0.0029	12.29 cm ²	7.65 cm ²

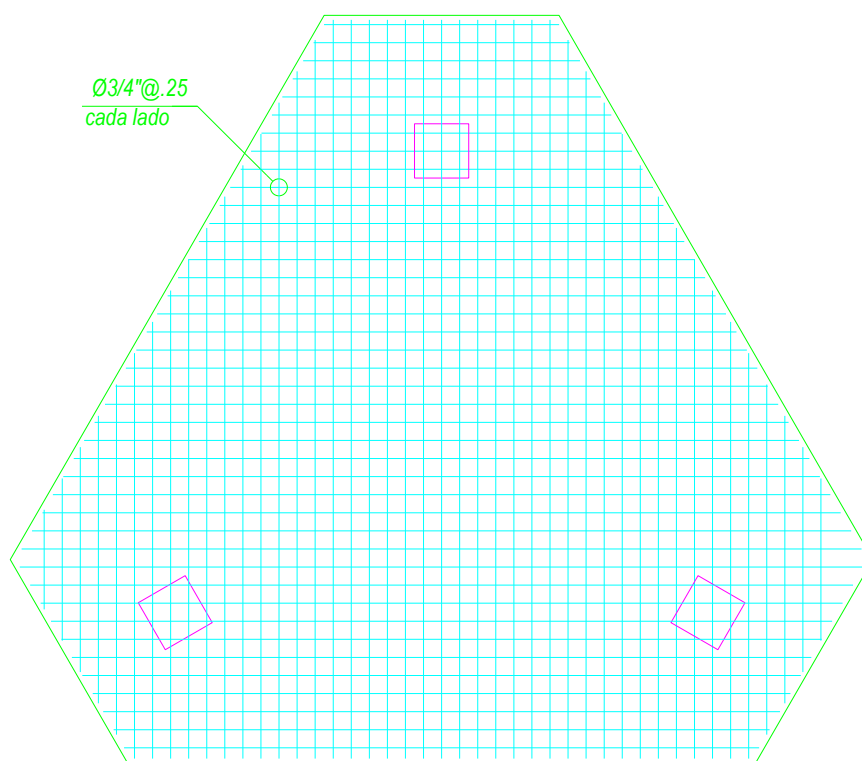
Tabla N°17. Diseño de refuerzo en platea de cimentación.

Se consideró colocar una malla corrida superior e inferior de manera que se cumpla los requisitos de contracción y temperatura.

El diseño por fuerza cortante también se verificó en la platea de cimentación. El procedimiento de diseño se detalla a continuación.

- $Vu_x = 10.50 \text{ ton.}$
- $Vu_y = 9.80 \text{ ton.}$
- $\phi Vc = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{175} \times 100 \times 20 = 11.92 \text{ ton.}$
- $Vu < \phi Vc$ (En las dos direcciones)

De lo mostrado se puede concluir que el diseño es satisfactorio tanto para la sollicitación de flexión como para cortante. La figura 8.6 muestra el esquema del armado de la porción de la platea que se tomó de ejemplo.



PLANTA GENERAL DISTRIBUCION DE ACERO EN PLATEA

Figura 5. 10: Detalle del refuerzo en platea de cimentación.

5.6. Calculo de Plancha Base y pernos de anclaje

5.6.1. Reacciones máximas (cargas últimas)

Valores obtenido del MS-Tower:

Tabla XIII: Reacciones máxima (kN)

Fuerzas	Compresión	Tracción
Fx (kN)	65.87	-50.55
Fy (kN)	0.00	0.00
Fz (kN)	733.77	-543.44

Reacciones en unidades de Toneladas:

Tabla XIV: Reacciones máxima (Tn)

Fuerzas	Fuerzas	Fuerzas
Fx (Tn)	6.71	-5.15
Fy (Tn)	0.00	0.00
Fz (Tn)	74.80	-55.40

5.6.2. Propiedades del Material

Tabla XV: Acero

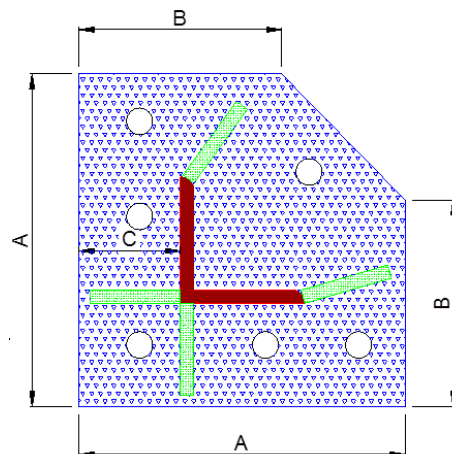
Elemento	Sección	Especificación	Fy del acero	Fu
Montante	L6"x6"x1/2"	ASTM 572 Gr50	3515 kg/cm ²	4570 kg/cm ²
Plancha Base	PL= 1 in	ASTM A36	2530 kg/cm ²	4080 kg/cm ²

Tabla XVI: Concreto Armado

Elemento	Sección	Especificación	Fy del acero	f'c del concreto	Fu
Concreto del pedestal	Por definir	ASTM A36	2530 kg/cm ²	210 kg/cm ²	4080 kg/cm ²

5.6.3. Dimensionamiento:

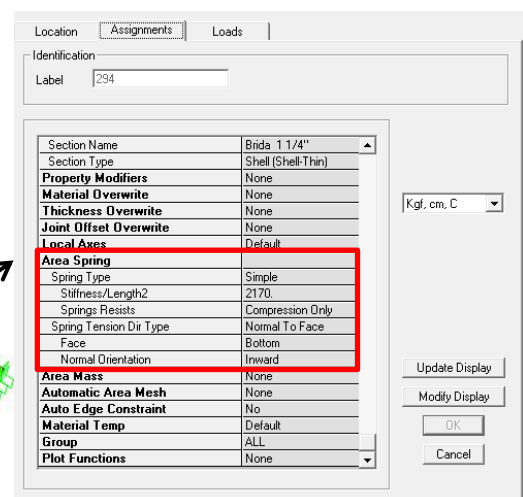
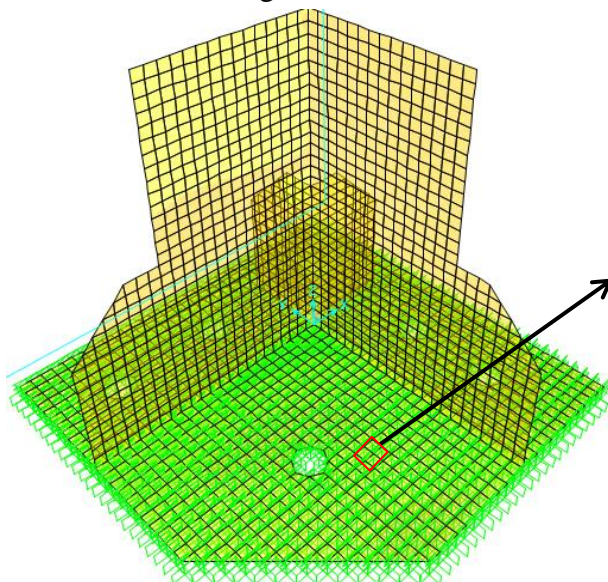
- A= 450 cm
- B=30 cm
- C=10 cm
- tb=3.18cm (Espesor de plancha)
- tc= 1 cm (Espesor de cartela)
- hc=15 cm (Altura de cartela)
- n=6 (Cantidad de pernos)



5.6.4. Modelo Espacial de plancha base en SAP2000

Criterios adoptados:

- Se consideró al pedestal de concreto como un conjunto de resortes con un rigidez de área:
 - $K=E/L$
 - $E=21700 \text{ kg/cm}^2$
 - $L=100 \text{ cm}$
 - $K=2170 \text{ kg/cm}^3$



b) Se consideró a los pernos de anclaje con una rigidez equivalente:

- $k=A \cdot E / l$
- $l=100 \text{ cm}$ (Longitud del perno)
- $d=1 \frac{1}{4} \text{ in}$ (Diámetro del perno)
- $A=7.92 \text{ cm}^2$ (Área del perno)
- $E=2100000 \text{ kg/cm}^2$ (Módulo de elasticidad del perno)
- $K=166263 \text{ kg/cm}$ (Rigidez del Perno)

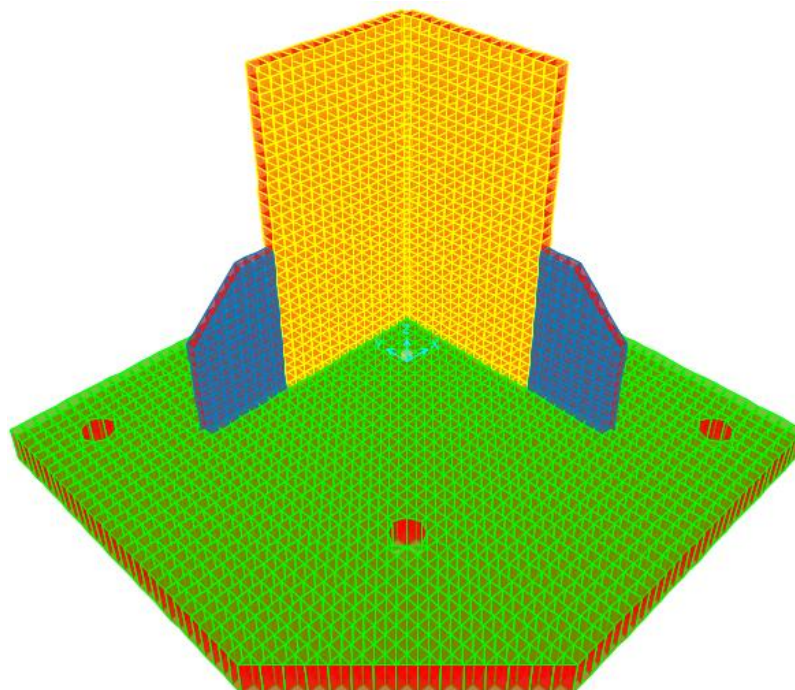
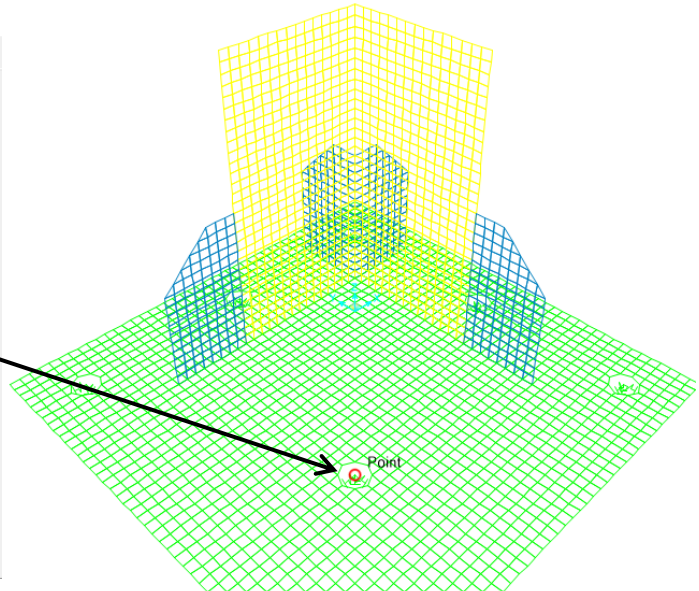
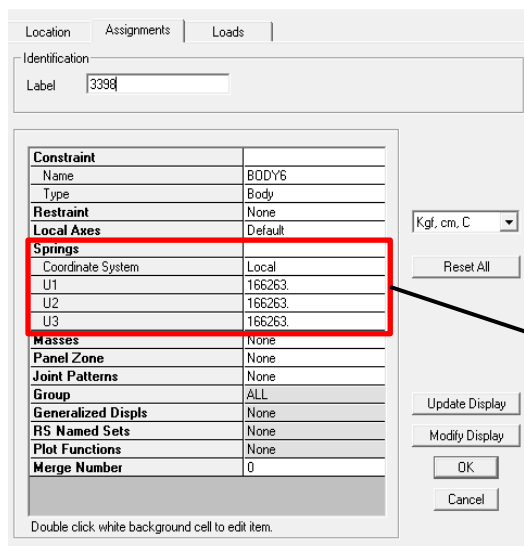
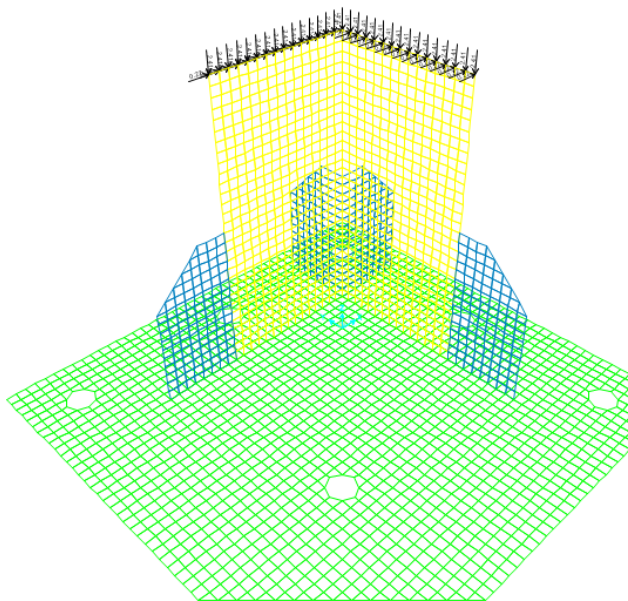


Figura 5. 11: Modelación 3D de plancha base y cartelas

5.6.5. Cargas

a) Compresión



Location | Assignments | **Loads**

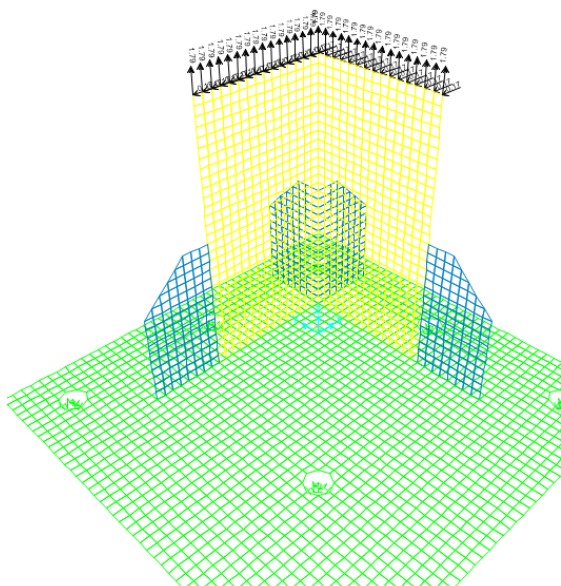
Identification
Label: 5

Load Pattern	F-Compresion
Joint Force	
Coordinate System	GLOBAL
Force in X Dir	0.217
Force in Z Dir	-2.413

Assign Load...
Tonf, m, C
Reset All
Update Display
Modify Display
OK
Cancel

Double click white background cell to edit item.

b) Tracción



Location | Assignments | **Loads**

Identification
Label: 5

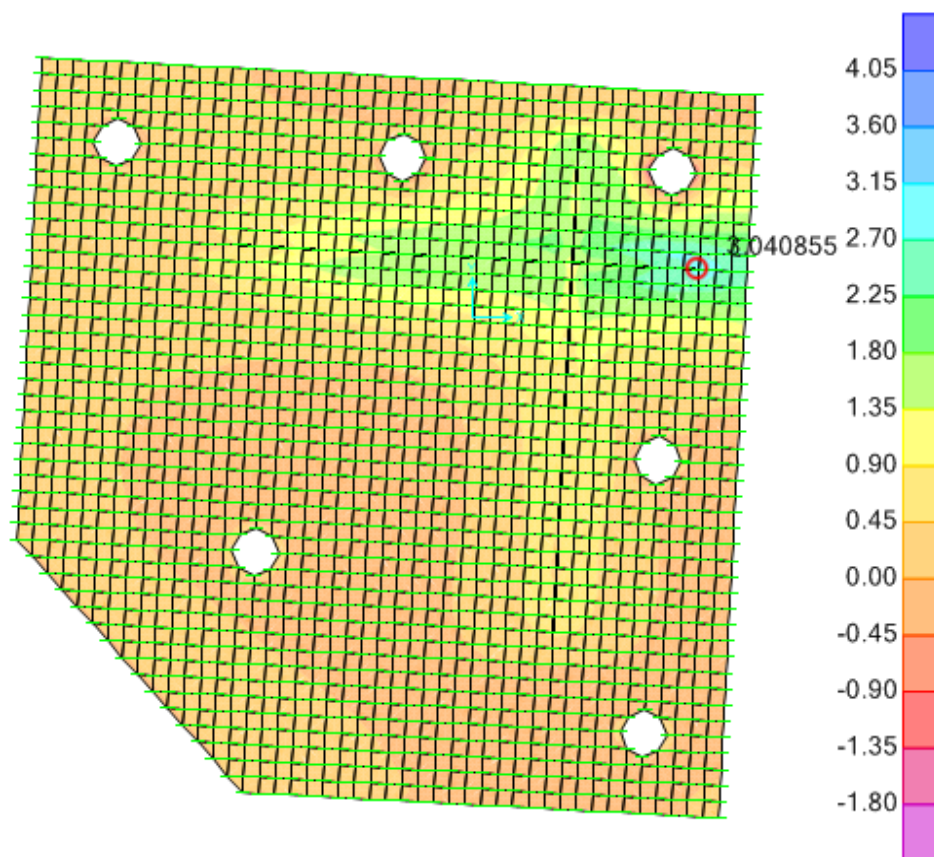
Load Pattern	F-Traccion
Joint Force	
Coordinate System	GLOBAL
Force in X Dir	-0.166
Force in Z Dir	1.787

Assign Load...
Tonf, m, C
Reset All
Update Display
Modify Display
OK
Cancel

Double click white background cell to edit item.

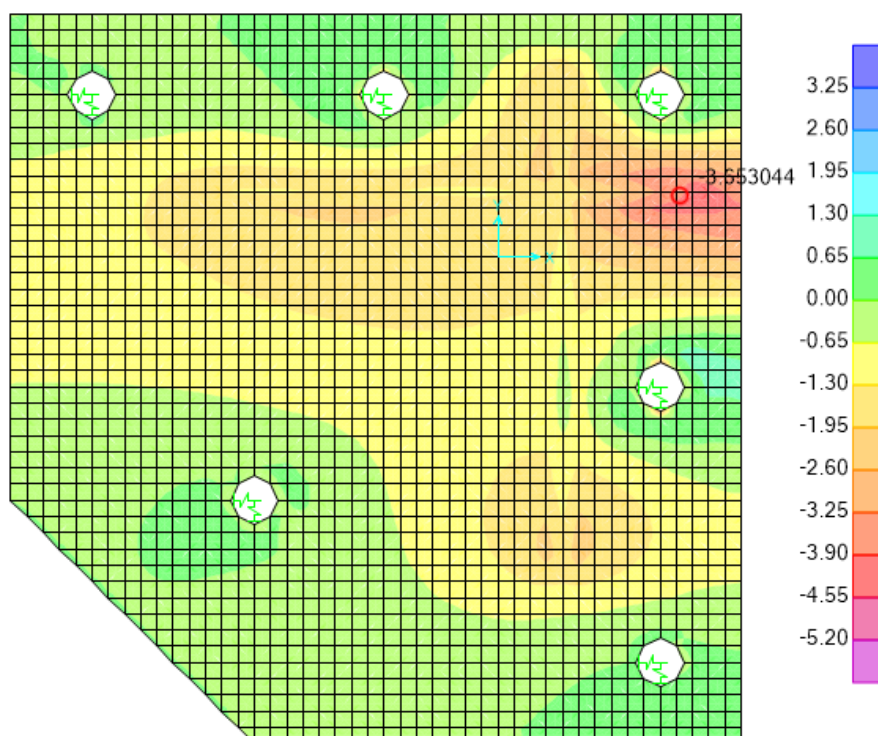
5.6.6. Momentos

a) Momento Máximo - Caso a Compresión



$$M_{\max(c)} = 3.041 \text{ Tn-m}$$

b) Momento Máximo - Caso a Tracción



$$M_{\max}(t)=3.553 \text{ Tn}\cdot\text{m}$$

5.6.7. Momento Resistente de la Plancha Base

$$M_a = \frac{M_n}{\Omega} = \frac{F_y \cdot Z_x}{\Omega}$$

- $b=100\text{cm}$
- $t=1 \frac{1}{4}"$ (Espesor de plancha)
- $Z_x=252.02 \text{ cm}^3$
- $\Omega=1.67$
- $M_a = \frac{2530 \times 252.02}{1.67} = 381802.75 \text{ Kg}\cdot\text{cm}$
- $M_a = 3.818 \text{ Tn}\cdot\text{m}$
- Ratio a Compresión = $\frac{3.041 \text{ Tn}\cdot\text{m}}{3.818 \text{ Tn}\cdot\text{m}} = 0.80 \Rightarrow \text{Ok!}$
- Ratio a Tracción = $\frac{3.553 \text{ Tn}\cdot\text{m}}{3.818 \text{ Tn}\cdot\text{m}} = 0.93 \Rightarrow \text{Ok!}$

5.6.8. Verificación de Pernos

Los pernos de anclaje empleados son pernos tipo SAE 1045.
SAE (Society of Automotive Engineers)



Y=1: Acero corriente u ordinario.

Z=0: No aleado.

XX=45: 0.45 % C.

- $N_u=55.40 \text{ Tn} = 122.13 \text{ Kip}$
- $V_u=6.71 \text{ Tn} = 14.80 \text{ Kip}$
- $F'_c= 210 \text{ kg/cm}^2$
- $H_{ef}= 1.20\text{m} = 47.24 \text{ in}$
- $n= 6$ pernos
- $D= 1 \frac{1}{4}"$
- $A_{brg}=1.817 \text{ in}^2$ (Ver Tabla XVII)
- $A_{se}= 0.969 \text{ in}^2$ (Ver Tabla XVII)

5.6.8.1. Tracción

a) Resistencia del acero de anclaje en tracción

La resistencia nominal N_{sa} controlada por el acero de un anclaje traccionado, se deberá evaluar mediante cálculos basados en las propiedades del material del anclaje y en sus dimensiones físicas.

La resistencia nominal N_{sa} de un anclaje o grupo de anclajes traccionado deberá ser igual o menor que:

$$\phi N_{sa} = \phi n \cdot A_{se} \cdot f_{uta}$$

Siendo:

A_{se} : Área efectiva de la sección transversal del anclaje.

F_{uta} : la resistencia a la tracción especificada del acero de los anclaje.

n : el número de anclajes traccionados en el grupo.

- $\phi=0.75$
- $n=6$ pernos
- $A_{se}=0.969 \text{ in}^2$ (Ver Tabla XVII)
- $f_{uta}=60 \text{ Ksi}$
- $\phi N_{sa} = \phi n \cdot A_{se} \cdot f_{uta}$
 $\phi N_{sa} = 261.63 \text{ Kip} > 122.13 \text{ Kip} \Rightarrow \text{Ok!}$

b) Resistencia al desprendimiento del hormigón por tracción

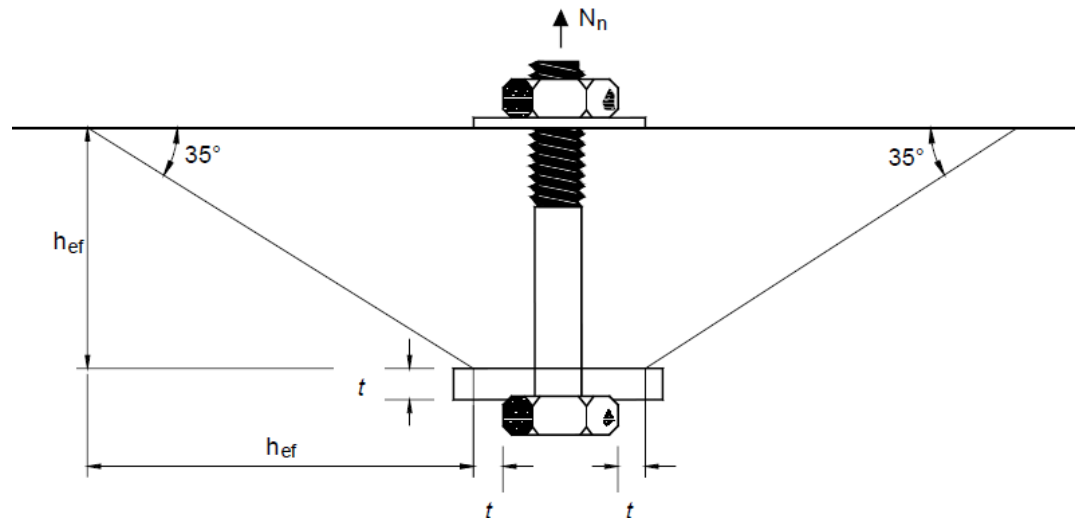
La resistencia nominal al desprendimiento por tracción del hormigón, N_{cb} o N_{cbg} , de un único anclaje o de un grupo de anclajes debe ser igual o menor que:

- Para un único anclaje:

$$\phi N_{cb} = \phi \left(\frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \right) \cdot \psi_{ed,N} \cdot \psi_{cN} \cdot N_b$$

- Para un grupo de anclajes:

$$\phi N_{cbg} = \phi \left(\frac{A_{No}}{A_{Nco}} \right) \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{ed,N} \cdot \psi_{c,N} \cdot N_b$$



Siendo:

A_{Nc} : El área proyectada de la superficie de falla del hormigón de un único anclaje o grupo de anclajes, que se deberá considerar como la base de la figura geométrica rectilínea que resulta de proyectar la superficie de falla $1.5 h_{ef}$ hacia afuera, a partir de las líneas del centro del anclaje, o en el caso de un grupo de anclajes, a partir de una línea que atraviesa una fila de anclajes adyacentes.

A_{Nco} : No debe ser mayor que $n A_{Nco}$, donde n es el número de anclajes traccionados en el grupo. A_{Nco} el área proyectada de la superficie de falla del hormigón de un único anclaje ubicado a una distancia al borde igual o mayor que $1.5 h_{ef}$:

$$A_{Nco} = 9 h_{ef}^2$$

h_{ef} : Profundidad total en la cual el anclaje transfiere un esfuerzo desde, el hormigón que lo rodea. La profundidad efectiva del empotramiento, normalmente, será la profundidad de la superficie de falla del hormigón en los insertos traccionados. Para bulones de anclaje con cabeza y pernos con cabeza hormigonados in situ, la profundidad.

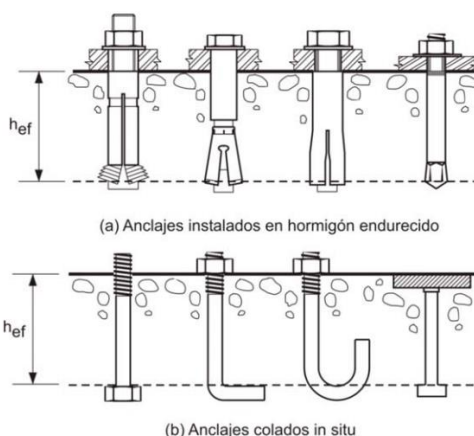
$\frac{A_N}{A_{No}}$: Este factor toma en cuenta la presencia de anclajes adyacentes y/o la proximidad a los bordes libres. Para un anclaje individual alejado de los bordes el término A_{No} es la proyección rectilínea de una superficie de falla a 35 grados sobre la superficie de hormigón, con sus lados a una distancia de $1.5h_{ef}$ de la línea de centro del anclaje. El término A_N es la proyección rectilínea de la superficie de falla a 35 grados sobre la superficie de hormigón, con sus lados a una distancia de $1.5h_{ef}$ de la línea de centro del anclaje o grupo de anclajes, o limitada por los anclajes adyacentes y/o los bordes

libres. Para un anclaje individual ubicado a una distancia mayor o igual que $1.5h_{ef}$ del borde libre más próximo A_N es igual a A_{No} .

$\psi_{c,N}$: Factor que se utiliza para modificar la resistencia a la tracción de los anclajes y que depende de la presencia o ausencia de fisuras en el hormigón.

Este factor se toma igual a 1,0 cuando el anclaje está ubicado en una zona de un elemento donde un análisis indica que es probable que haya fisuración. Si el análisis indica que no es probable que bajo cargas de servicio se produzca fisuración ($f_t < f_r$), se podrá utilizar el siguiente factor de modificación:

- $\psi_{c,N} = 1,25$ para anclajes hormigonados in situ.
- $\psi_{c,N} = 1,4$ para anclajes incorporados al hormigón endurecido.



$\psi_{ec,N}$: Factor que se utiliza para modificar la resistencia a la tracción de los anclajes y que depende de la excentricidad de las cargas aplicadas.

El factor de modificación para grupos de anclajes con carga de tracción excéntrica debe ser:

$$\psi_{ec,N} = \frac{1}{\left(1 + \frac{2}{3} \frac{e'_N}{h_{ef}}\right)} \leq 1$$

Si se utiliza el enfoque de diseño plástico se supone que todos los anclajes soportan la misma carga y el factor de excentricidad, ψ_1 , se toma igual a 1,0.

$\psi_{ed,N}$ factor que se utiliza para modificar la resistencia a la tracción de los anclajes, y que depende de la proximidad a los bordes del elemento de hormigón.

El factor de modificación para los efectos de borde tanto para un único anclaje como para un grupo de anclajes solicitados a tracción es:

$$- \text{ Si } c_{a,\min} \geq 1.5 h_{ef} \Rightarrow \psi_{ed,N} = 1$$

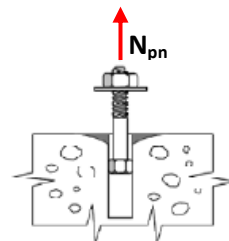
$$- \text{ Si } c_{a,\min} < 1.5 h_{ef} \Rightarrow \psi_{ed,N} = 0.7 + 0.3 \frac{c_{a,\min}}{1.5 h_{ef}}$$

- $\phi = 0.70$
- $h_{ef} = 47.25 \text{ in}$
- $Ca_1 = 9.45 \text{ in}$
- $Ca_2 = 9.45 \text{ in}$ } $Ca_{\min} = 9.45 \text{ in}$
- $Ca_c = 2.5 h_{ef} = 118.11 \text{ in}$
- $S_1 = 7.10 \text{ in}$
- $S_2 = 7.10 \text{ in}$
- $A_{No} = 1095.5 \text{ in}^2$
- $A_{Nco} = 9 (h_{ef})^2 = 576 \text{ in}^2$
- Como $A_{No} \leq n \cdot A_{Nco} \Rightarrow \text{Ok}$
- $\psi_{c,N} = 1$ (Fisuración para niveles de carga de servicio)
- $\psi_{ec,N} = 1$ (No existe excentricidad)
- $C_{amin} < 1.5 h_{ef} \Rightarrow \psi_{ed,N} = 0.7 + 0.3 \left(\frac{C_{amin}}{1.5 h_{ef}} \right)$
- $\psi_{ed,N} = 0.93622$
- $N_b = 24 \sqrt{f'c} (h_{ef})^{1.5} = 425.93 \text{ Kip}$
- $\phi N_{cbg} = \phi \left(\frac{A_{No}}{A_{Nco}} \right) \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{ed,N} \cdot \psi_{c,N} \cdot N_b$
- $\phi N_{cbg} = 663.59 \text{ Kip} > 122.13 \text{ Kip} \Rightarrow \text{Ok!}$

c) Resistencia al arrancamiento del anclaje por tracción

La resistencia nominal al arrancamiento N_{pn} de un anclaje a tracción deberá ser igual o menor que:

$$\phi N_{pn} = \phi n \cdot \psi_{c,p} \cdot N_p$$



ϕ : Factor de reducción de la resistencia.

$\psi_{c,P}$: factor que se utiliza para modificar la resistencia al arrancamiento por tracción de los anclajes y que depende de la presencia o ausencia de fisuras en el hormigón.

Para un anclaje ubicado en una región de un elemento de hormigón, donde el análisis indique que no hay fisuración ($f_t < f_r$) a niveles de carga de servicio, se podrá utilizar el siguiente factor de modificación:

$$\psi_{c,P} = 1,4$$

Caso contrario, el factor $\psi_{c,P}$ se deberá considerar igual a 1,0.

N_p : Resistencia al arrancamiento por tracción de un único anclaje en hormigón fisurado, en N.

La resistencia al arrancamiento por, N_p , deberá ser igual o menor que:

- Para perno con cabeza: $N_p = 8 A_{brg} f'c$ (D-15)

- Para perno con gancho: $N_p = 0,9 f'c e_h d_o$ (D-16)

Siendo: $3 d_o \leq e_h \leq 4,5 d_o$

A_{brg} : Área de apoyo de la cabeza del perno o bulón de anclaje.

- $\phi = 0.70$
- $\psi_{c,P} = 1.40$
- $A_{brg} = 1.817 \text{ in}^2$
- $N_p = 8 A_{brg} \cdot f'c = 43.42 \text{ lb}$
- $\phi N_{pn} = 255.29 \text{ Kip}$

d) Resistencia al descascaramiento del recubrimiento lateral

$$\phi N_{sbg} = \phi \left(1 + \left(\frac{s}{6C_{a1}} \right) \right) N_{sb}$$

- $N_{sb} = 42.5 C_{a1} \sqrt{A_{brg}} \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c}$
Si $c > 0.4 h_{ef} \rightarrow$ Despreciar efecto!

5.6.8.2. Cortante

a) Determinar la resistencia al corte de diseño

La resistencia nominal al corte de un anclaje controlada por el acero V_{sa} , se deberá evaluar mediante cálculos basados en las propiedades del material del anclaje y sus dimensiones físicas.

Para pernos con cabeza hormigonados in situ:

$$V_{sa} = n A_{se} f_{uta}$$

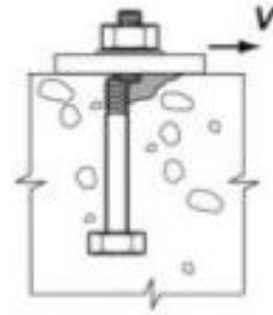
Dónde:

n : es el número de anclajes en el grupo y f_{uta} se debe adoptar igual o menor que el menor valor entre $1,9 f_y$ y 875 MPa .

$$\phi V_{sa} = \phi n \cdot 0.6 A_{se} \cdot F_{uta}$$

- $\phi = 0.65$
- $A_{se} = 0.960 \text{ in}^2$
- $F_{uta} = 60 \text{ Ksi}$
- $\phi V_{sa} = 136.05 \text{ Kip}$

$\phi V_{sa} = 108.84 \text{ Kip} > 14.18 \text{ Kip} \Rightarrow \text{Ok!} \rightarrow$ Cuando la plancha se apoya sobre grouting



b) Resistencia al desprendimiento del hormigón por corte

$$V_{cbg} = \frac{A_{Vc}}{A_{Vco}} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{ed,V} \cdot \psi_{c,V} \cdot V_b$$

$\psi_{ec,V}$: factor que se utiliza para modificar la resistencia al corte de los anclajes y que depende de la excentricidad de las cargas aplicadas.

El factor de modificación para grupos de anclajes con excentricidad de la carga será:

$$\psi_{ec,V} = \frac{1}{\left(1 + \frac{2}{3} \frac{e'_V}{c_{a1}}\right)} \leq 1 \quad (\text{D-26})$$

Si la carga sobre un grupo de anclajes es tal que sólo algunos de los anclajes están solicitados a corte en la misma dirección, en la determinación de la excentricidad e'_V a utilizar en la expresión (D-26) y para el cálculo de V_{cbg} en la expresión (D-22), sólo se deben considerar aquellos anclajes solicitados a corte en la misma dirección.

$\psi_{ed,V}$: factor que se utiliza para modificar la resistencia al corte de los anclajes, y que depende de su proximidad a los bordes del elemento estructural.

El factor de modificación para los efectos de borde es:

$$- \psi_{ed,V} = 1,0 \quad (\text{D-27})$$

siempre que $c_{a2} \geq 1,5c_{a1}$

$$- \psi_{ed,V} = 1 + 0.3 \frac{c_{a2}}{(1.5c_{a1})}$$

siempre que $c_{a2} < 1,5 c_{a1}$

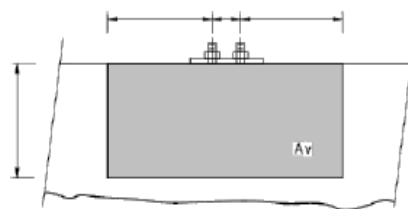
$\psi_{c,V}$: factor que se utiliza para modificar la resistencia al corte de los anclajes y que depende de la presencia o ausencia de fisuras en el hormigón, y de la presencia o ausencia de armadura suplementaria.

Para los anclajes ubicados en una región de un elemento de hormigón donde el análisis indique que no hay fisuración ($f_t < f_r$) bajo cargas de servicio, se podrá utilizar el siguiente factor de modificación:

$$\psi_{c,V} = 1,4$$

Para los anclajes ubicados en una región de un elemento de hormigón donde el análisis indique que hay fisuración a niveles de carga de servicio, se podrán utilizar los siguientes factores de modificación:

- $\psi_{c,V}=1.0$ para anclajes en hormigón fisurado sin armadura suplementaria, o con armadura de borde menor que una barra o alambre $d_b = 12$ mm.
- $\psi_{c,V}=1.2$ para anclajes en hormigón fisurado con armadura suplementaria consistente en una barra o alambre con $d_b \geq 12$ mm entre el anclaje y el borde.
- $\psi_{c,V}=1.4$ para anclajes en hormigón fisurado con armadura suplementaria consistente en una barra o alambre con $d_b \geq 12$ mm entre el anclaje y el borde, y con la armadura suplementaria envuelta por estribos separados, como máximo, 100 mm.



- $\phi = 0.70$
- $A_{Vc} = 0.960 \text{ in}^2$
- $A_{Vco} = 4.5(c_{a1})^2$
- $A_{Vco} = 401.76 \text{ cm}^2$

- $\psi_{ed,V} = 0.7 + 0.3 \left(\frac{c_{a2}}{1.5c_{a2}} \right)$
- $\psi_{ed,V} = 0.90$
- $\psi_{ec,V} = 1.00$
- $\psi_{c,V} = 1.40$
- $V_b = 7 \left(\frac{l}{d_o} \right)^{0.2} \sqrt{d_o} \sqrt{f'c} c_1^{1.5}$
- $V_b = 18.83 \text{ Kip}$
- $V_{cbg} = \frac{A_{Vc}}{A_{Vco}} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{ed,V} \cdot \psi_{c,V} \cdot V_b$
- $V_{cbg} = 22.16 \text{ Kip} > 14.18 \text{ Kip} \Rightarrow \text{Ok!} \rightarrow$

c) Resistencia al arrancamiento del hormigón

$$\phi V_{cbg} = \phi K_{cp} \cdot N_{cbg}$$

- $\phi = 0.70$
- $K_{cp} = 2$
- $A_{No} = 1095.5 \text{ in}^2$
- $A_{Nco} = 9 (\text{hef})^2 = 576 \text{ in}^2$
- $N_{cbg} = \left(\frac{A_{No}}{A_{Nco}} \right) \cdot \psi_{ed,N} \cdot \psi_{c,N} \cdot V_b$
- $N_{cbg} = 19.74 \text{ Kip}$
- $\phi V_{cbg} = \phi K_{cp} \cdot N_{cbg}$
- $\phi V_{cbg} = 27.6 \text{ Kip} > 14.18 \text{ Kip} \Rightarrow \text{Ok!} \rightarrow$

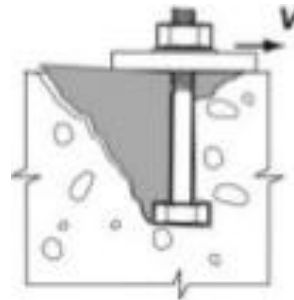


Tabla XVII: Propiedades dimensionales de los anclajes roscados hormigonados in situ

Diámetro del anclaje (d _o) (in)	Área bruta del anclaje (in ²)	Área efectiva del anclaje (A _{se}) (in ²)	Superficie de apoyo de las cabezas y tuercas (A _{brg}) (in ²)			
			Cuadrada	Cuadrada pesada	Hexagonal	Hexagonal pesada
0.250	0.049	0.032	0.142	0.201	0.117	0.167
0.375	0.110	0.078	0.280	0.362	0.184	0.299
0.500	0.196	0.142	0.464	0.569	0.291	0.467
0.625	0.307	0.226	0.693	0.822	0.454	0.671
0.750	0.442	0.334	0.824	1.121	0.654	0.911
0.875	0.601	0.462	1.121	1.465	0.891	1.188
1.000	0.785	0.606	1.465	1.855	1.163	1.501
1.125	0.994	0.763	1.854	2.291	1.472	1.851
1.250	1.227	0.969	2.228	2.773	1.817	2.237
1.375	1.485	1.160	2.769	3.300	2.199	2.659
1.500	1.787	1.410	3.295	3.873	2.617	3.118
1.750	2.405	1.900	-	-	-	4.144
2.000	3.142	2.500	-	-	-	5.316

CONCLUSIONES:

- El procedimiento para el análisis estructural de una torre autosoportada tipo celosía para telecomunicaciones en el Perú, utilizando la norma TIA/EIA 222 F y códigos actualizados de nuestro medio ha permitido establecer los pasos necesarios para un adecuado diseño estructural de los elementos que la conforman.
- El diseño de la torre autosoportada triangular cumple con las condiciones de resistencia y las deformaciones de los elementos no exceden los límites establecidos.
- Se realizó la revisión de diseño de pernos de anclaje de una estructura autosoportada a una cimentación de concreto reforzado de acuerdo con lineamientos establecidos por el código ACI 318-08 demostrando valores adecuados de resistencia a los esfuerzos basales inducidos por tensión y corte.
- El diseño de la cimentación de concreto reforzado de una torre triangular autosoportada tipo celosía, dando resultados y lineamientos adecuados para el diseño de zapata.



RECOMENDACIONES:

- En caso de añadir más equipos a los y proyectados se recomienda realizar el análisis respectivo referente a dichos equipos.
- Se recomienda en caso de torres no galvanizadas inspeccionar la calidad de la pintura para determinar el grado de corrosión presente y tomar las medidas de prevención y/o corrección necesarias.
- Realizar otros estudios otros tipos de torres como monopolos, torres ventadas, torres arriostradas, mástiles, etc.; ya que también son utilizadas para soportar antenas de telecomunicaciones y que por sus características necesitan un análisis y diseño particular.

BIBLIOGRAFIA

- Berckemeyer Olaechea, F. (06 de Febrero de 2015). Obtenido de El Comercio: <http://elcomercio.pe/economia/negocios/historia-revolucion-telefonía-movil-peru-noticia-1789325>
- Betancourth Balan, V. A. (Noviembre de 2013). Aplicación norma TIA/EIA 222G para torres autosoportadas tipo celosía de telecomunicaciones en Guatemala y comparación con norma TIA/EIA 222F. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5159/1/VICTOR%20ALBERTO%20BETANCOURTH%20BALAN.pdf>
- Boj Guare, E. A. (Marzo de 2013). Metodología de optimización en el diseño de estructuras metálicas de soporte para antenas de telecomunicaciones en la industria celular. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0737_M.pdf
- Carrasco Martínez, A. (Junio de 2009). Optimización del diseño de una torre de celosía de 40 metros portadora de antenas. Obtenido de http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/8038/PFC_Alfonso_Carrasco_Martinez.pdf?sequence=1
- Telecommunications Industry Associations. (1996). Structural Standards for Steel Antenna Towers and Antenna Support Structures.
- Vidal San Román, R. (Mayo de 2011). Estudios comparativos de dos tipologías estructurales para soporte de antenas de telefonía móvil. Obtenido de http://orff.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11775/MEMORIA_PFC_TORRES_TELEFONIA_MOVIL.pdf;jsessionid=C4FF5E62D830132AC5B241B3BB52282E?sequence=1

ANEXO 1

A. DISEÑO DE PERNOS

1. Resistencia de Corte de Pernos

$$R_a = F_a A_b$$

Dónde:

- R_a = Resistencia admisible de corte de pernos
- F_a = Esfuerzo de corte nominal, kgf/cm^2

El perno a emplear es SAE 1020 Gr.5 que es equivalente a ASTM 325 que tiene un esfuerzo de corte de 21Ksi

$$\Rightarrow F_a = 21 \text{Ksi} = 1476.51 \text{ Kg/cm}^2$$

- A_b = Área bruta del perno, cm^2

B. DISEÑO DE ELEMENTOS

1. Resistencia de Aplastamiento de Perforaciones de Pernos

$$R_a = 0.6 l_c t F_u \leq 1.2 d t F_u$$

Dónde:

- F_u = Resistencia última mínima especificada del material conectado, kgf/cm^2
- d = Diámetro nominal del perno, cm
- l_c = Distancia libre, en la dirección de la carga, entre el borde del perforación y el borde del perforación adyacente o borde del material, cm
- t = Espesor del material conectado, cm

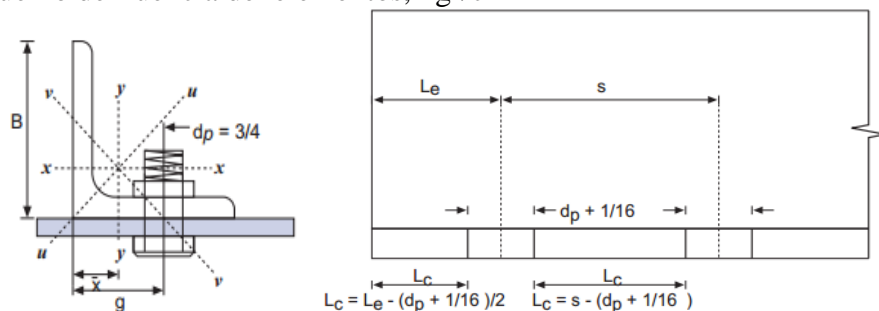
2. Resistencia de Arrancamiento Perforaciones de Pernos

$$R_n = 0.60 F_y A_{gv}$$

$$\Omega = 1.50 \text{ (ASD)}$$

Dónde:

- $R_n = \frac{R_n}{\Omega}$
- A_{gv} = Área bruta solicitada a corte, cm^2
- F_y = Esfuerzo de fluencia del elementos, kgf/cm^2



Dónde:

- L_e = Distancia al borde
La distancia máxima desde el centro de cualquier perno o remache hasta el borde más cercano de partes en contacto debe ser 12 veces el espesor de la parte conectada.

DISEÑO DE PERNOS - TAT60M

Panel	Descripción	Perfil	Fuerza Axial Máxima Aplicada (KN)	Fuerza Axial Máxima Aplicada (Ton)	d Perno (Pulg.)	Nº pernos	Tipo de Perno	Fa del perno (kg/cm2)	Resistencia a Corte (Ton)	Ratio cort.
1-2-3-4-5	Diagonal a Montante	L38x38x4.5	13	1.3	1/2	1	SAE GR. 5	1476.51	1.87	✓ 0.71
6-7-8	Diagonal a Montante	L50x50x4.5	19	1.9	5/8	2	SAE GR. 5	1476.51	5.84	✓ 0.33
9-10-11-12-13	Diagonal a Montante	L2-1/2x2-1/2x3/16	30	3.1	5/8	2	SAE GR. 5	1476.51	5.84	✓ 0.52
14-15	Diagonal a Montante	L2-1/2x2-1/2x1/4	30	3.1	5/8	2	SAE GR. 5	1476.51	5.84	✓ 0.52
1-2	Montante con Montante	L2-1/2x2-1/2x3/16	22	2.2	5/8	6	SAE GR. 5	1476.51	35.07	✓ 0.06
3-4	Montante con Montante	L2-1/2x2-1/2x1/4	67	6.8	5/8	6	SAE GR. 5	1476.51	35.07	✓ 0.19
5	Montante con Montante	L3x3x1/4	101	10.3	5/8	6	SAE GR. 5	1476.51	35.07	✓ 0.29
6	Montante con Montante	L100x100x6	137	14.0	3/4	6	SAE GR. 5	1476.51	50.50	✓ 0.28
7-8	Montante con Montante	L100x100x8	212	21.6	3/4	6	SAE GR. 5	1476.51	50.50	✓ 0.43
9-10	Montante con Montante	L125x125x10	337	34.4	3/4	6	SAE GR. 5	1476.51	50.50	✓ 0.68
11	Montante con Montante	L6x6x3/8	404	41.2	3/4	6	SAE GR. 5	1476.51	50.50	✓ 0.82
12-13-14-15	Montante con Montante	L6x6x1/2	690	70.3	1	6	SAE GR. 5	1476.51	89.78	✓ 0.78

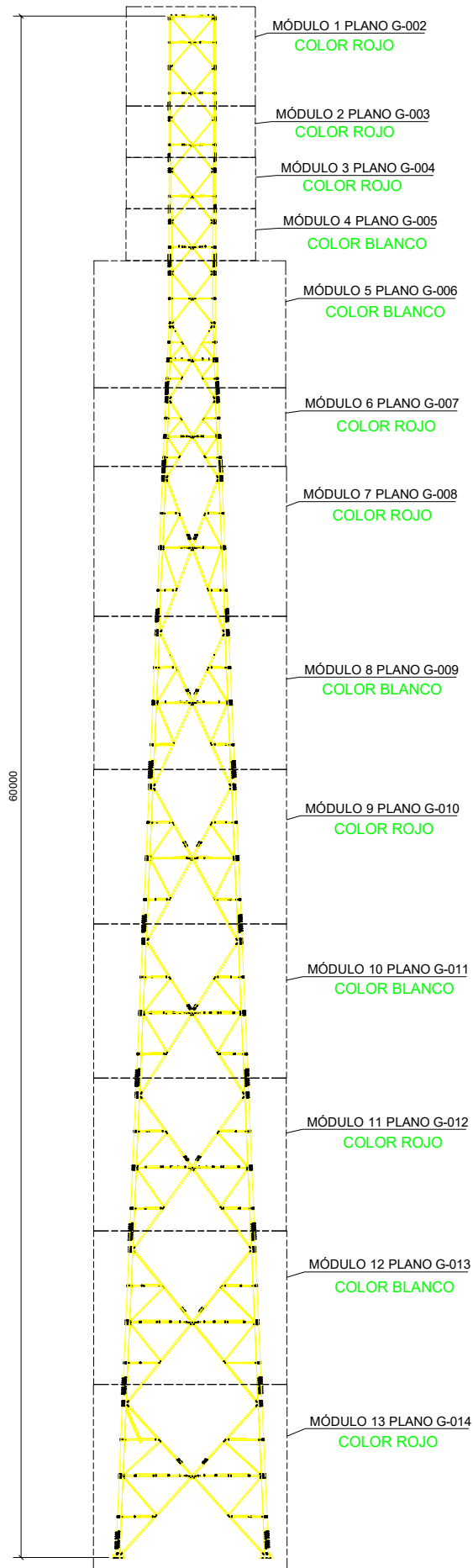
DISEÑO DE ELEMENTOS - TAT60M

Panel	Descripción	Perfil	Fu (kg/cm2)	t (cm)	Nº pernos	d Perno (cm)	Le (cm)	Lc (cm)	Resistencia al Aplastamiento (Ton)	Ratio aplast.	Fy (kg/cm2)	Agv (cm2)	Resistencia al Arrancamiento (Ton)	Ratio arran.
1-2-3-4-5	Diagonal a Montante	L38x38x4.5	4077.8	0.45	1	1.27	4.4	3.7	2.80	✓ 0.47	2531	1.68	1.70	✓ 0.78
6-7-8	Diagonal a Montante	L50x50x4.5	4077.8	0.45	2	1.59	3.3	2.5	5.42	✓ 0.36	2531	1.11	2.24	✓ 0.86
9-10-11-12-13	Diagonal a Montante	L2-1/2x2-1/2x3/16	4077.8	0.48	2	1.59	4.4	3.6	7.40	✓ 0.41	2531	1.70	3.44	✓ 0.89
14-15	Diagonal a Montante	L2-1/2x2-1/2x1/4	4569.9	0.64	2	1.59	3.2	2.3	8.02	✓ 0.38	3510	1.46	4.10	✓ 0.75
							0.0							
1-2	Montante con Montante	L2-1/2x2-1/2x3/16	4077.8	0.48	6	1.59	2.4	1.5	10.54	✓ 0.21	2531	0.72	4.36	✓ 0.51
3-4	Montante con Montante	L2-1/2x2-1/2x1/4	4569.9	0.64	6	1.59	2.4	1.5	15.76	✓ 0.43	3510	0.96	8.07	✓ 0.85
5	Montante con Montante	L3x3x1/4	4569.9	0.64	6	1.59	3.2	2.3	24.05	✓ 0.43	3510	1.46	12.31	✓ 0.84
6	Montante con Montante	L100x100x6	4569.9	0.60	6	1.91	4.4	3.3	33.06	✓ 0.42	3510	2.01	16.93	✓ 0.82
7-8	Montante con Montante	L100x100x8	4569.9	0.80	6	1.91	5.3	4.3	50.14	✓ 0.43	3510	3.44	28.99	✓ 0.75
9-10	Montante con Montante	L125x125x10	4569.9	1.00	6	1.91	6.7	5.6	62.68	✓ 0.55	3510	5.64	47.47	✓ 0.72
11	Montante con Montante	L6x6x3/8	4569.9	0.95	6	1.91	6.7	5.6	59.70	✓ 0.69	3510	5.37	45.22	✓ 0.91
12-13-14-15	Montante con Montante	L6x6x1/2	4569.9	1.27	6	2.54	8.9	7.5	106.14	✓ 0.66	3510	9.58	80.67	✓ 0.87



ANEXO 2

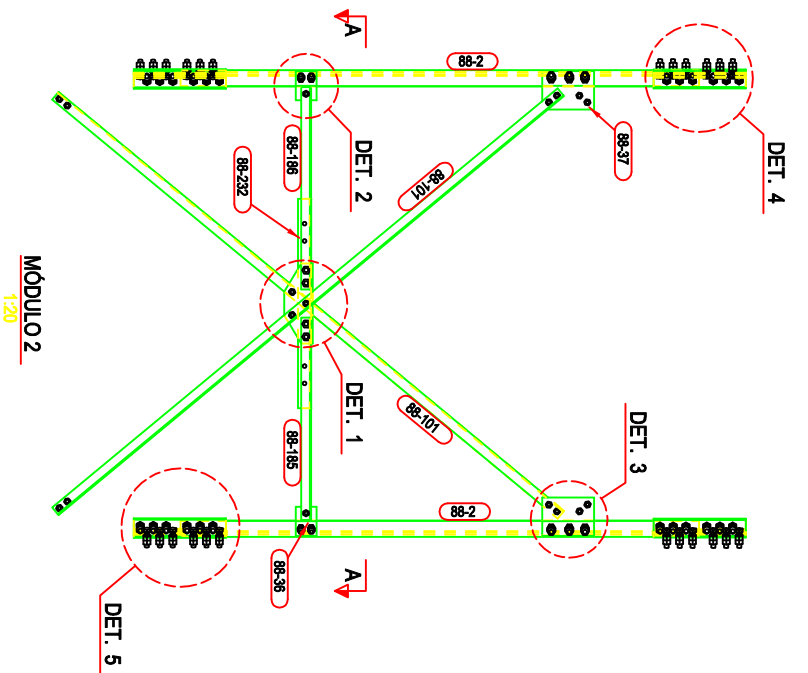
PLANOS DE DETALLES DE CONEXIONES, PLACA UNIÓN MONTANTE BASAL Y CIMENTACIÓN DE TORRE AUTOSOPORTADA TIPO CELOSÍA.

A continuación se mostrarán los planos desarrollados de la torre con sus elementos estructurales y las conexiones de los mismos; incluyendo también los detalles de la plancha base y pernos de anclaje; así como también los detalles de cimentación.

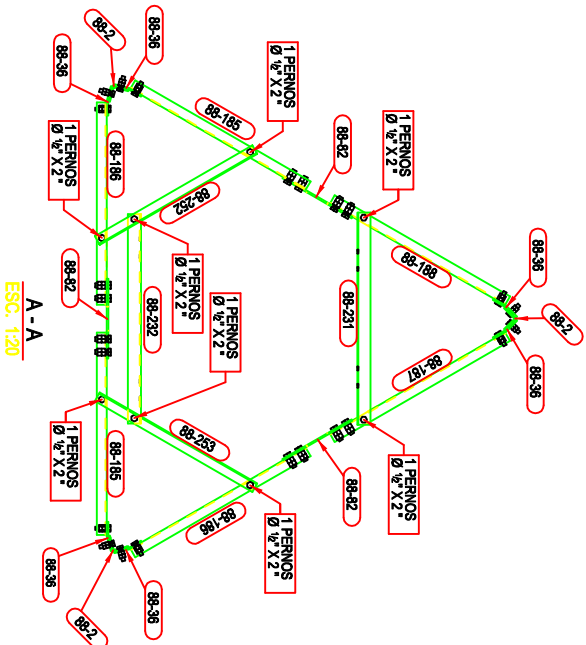


ELEVACION
1:120

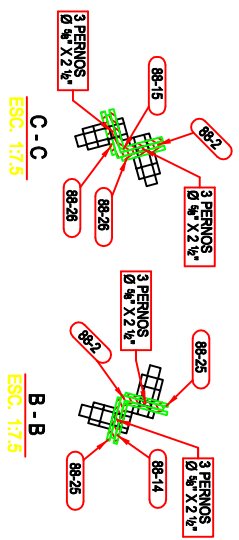
Proyecto: TORRE AUTOSOPORTADA TRIANGULAR H=60MT		
Lugar: GUZMANGO-CONTUMAZ-CAJAMARCA		
Lámina: G-001 PLANO GENERAL	Formato: 840x1188 Escala: 1:30	
Diseño: ALIOSKA AGUIRRE MENDOZA		REVISION 



MÓDULO 2
1/20

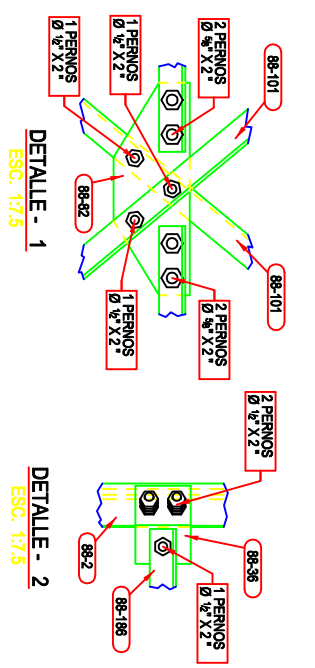


A - A
ESC. 1/20



C - C
ESC. 1/7.5

B - B
ESC. 1/7.5



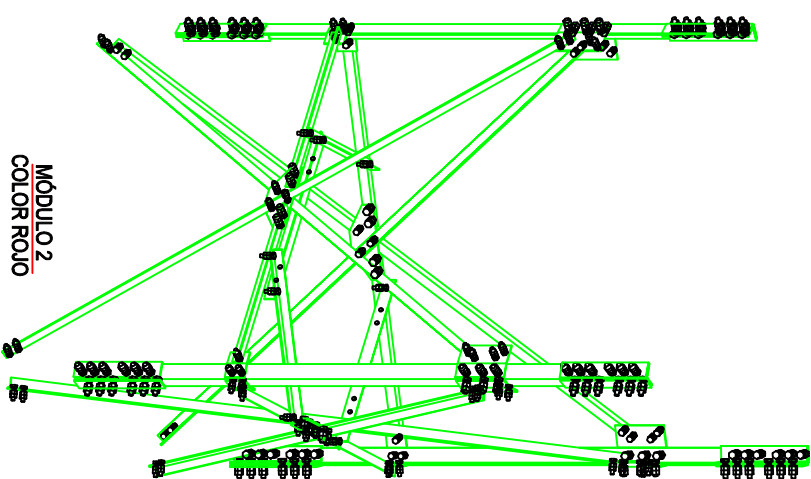
DETALLE - 1
ESC. 1/7.5

DETALLE - 2
ESC. 1/7.5

DETALLE - 3
ESC. 1/7.5

DETALLE - 4
ESC. 1/7.5

DETALLE - 5
ESC. 1/7.5



MÓDULO 2
COLOR ROJO

Proyecto: TORRE AUTOSOPORTADA TRIANGULAR H=60MT		Lugar: GUZMANGO-CONTUMAZ-CAJAMARCA	
Línea: G-003		Formato: 840x1188	
Módulo 2		Escala: 1:80	
Diseño: ALOSKYA AGUIRRE MENDOZA		REVISION 0	





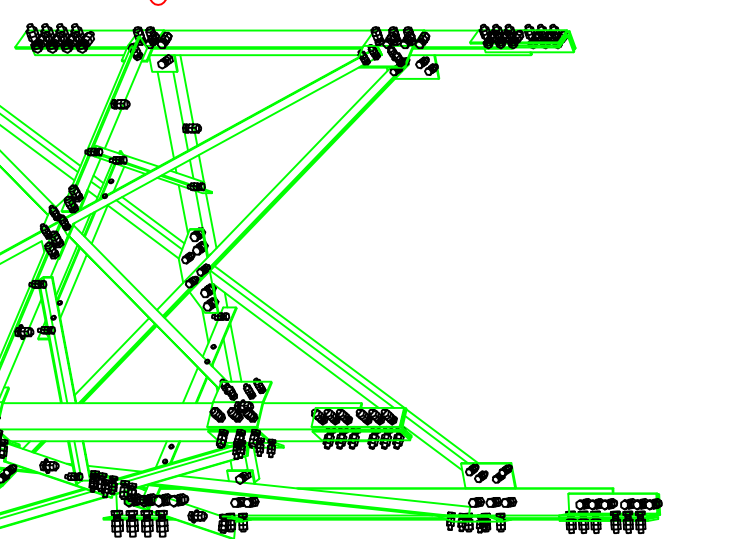
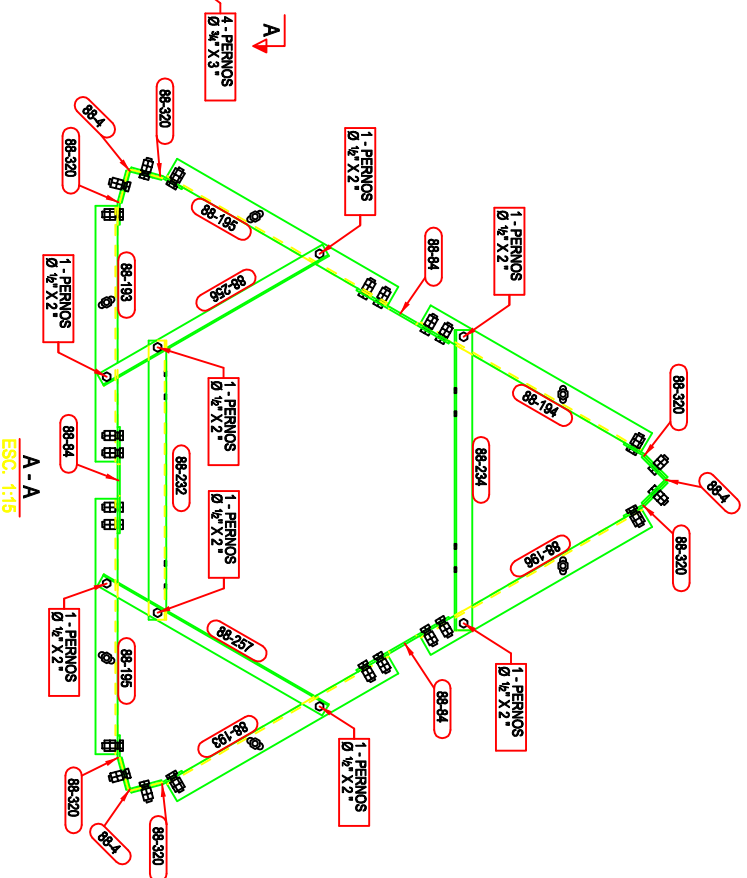
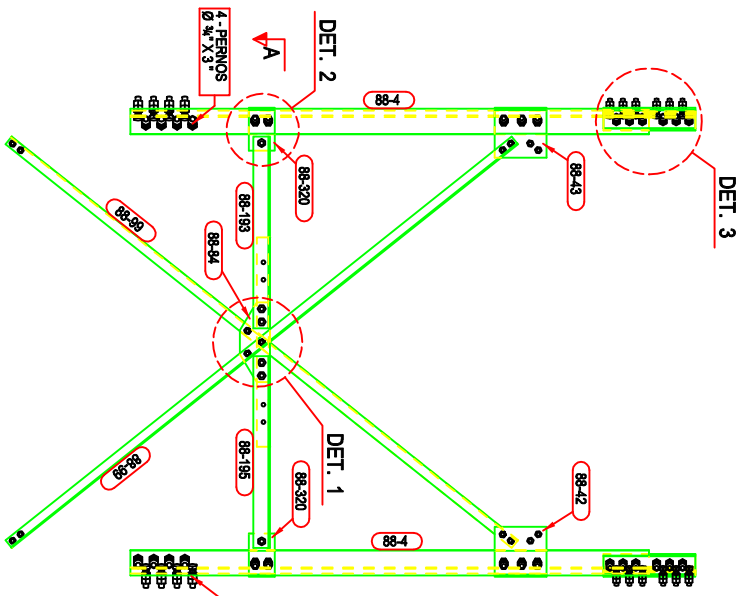
ESC. 1:1



ESC 4:7 B



Proyecto:	TORRE AUTOSOPORTADA TRIANGULAR H=60MT		
Lugar:	GUZMANGO-CONTUMAZ-CALAMARCA		
Láminas:	G-004	Formato:	840x1188
	MODULO 3	Escala:	1:80
Diseño:	ALOSKA AGUIRRE MENDOZA		
			
			



MODULO 4

ESC. 1:20

DETALLE - 1

ESC. 1:10

DETALLE - 2

ESC. 1:10

DETALLE - 3

ESC. 1:10

B - B

ESC. 1:7.5

A - A

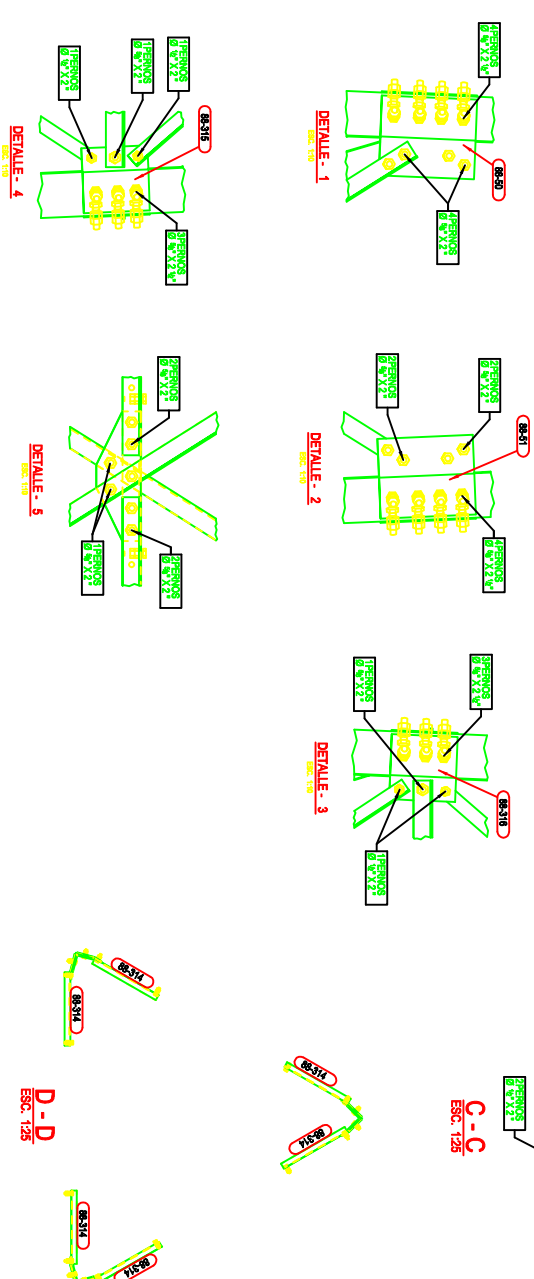
ESC. 1:15



MODULO 4

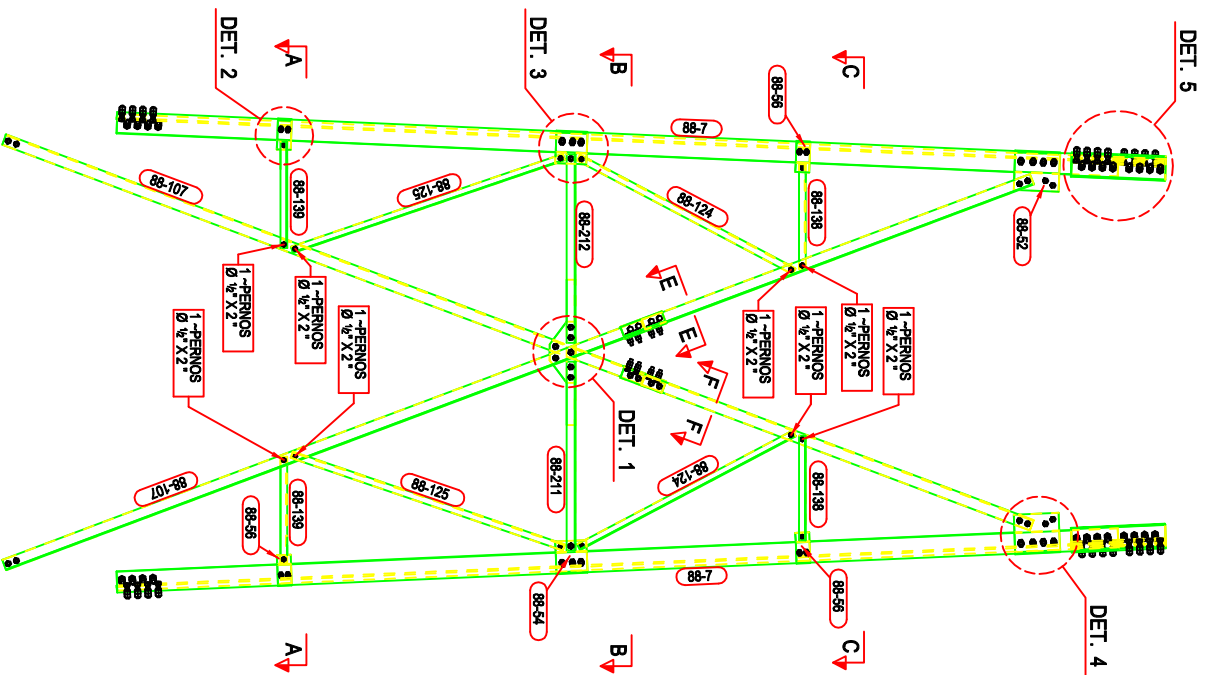
COLOR ROJO

Proyecto:	TORRE AUTOSPORTADA TRIANGULAR H=60MT		
Lugar:	GUZMANGO-CONTUMAZ-CAJAMARCA		
Límite:	G-005	Formato:	840x1188
	MODULO 4	Escala:	1:80
Diseño:	ALOSKA AGUIRRE MENDOZA		REVISION
			0

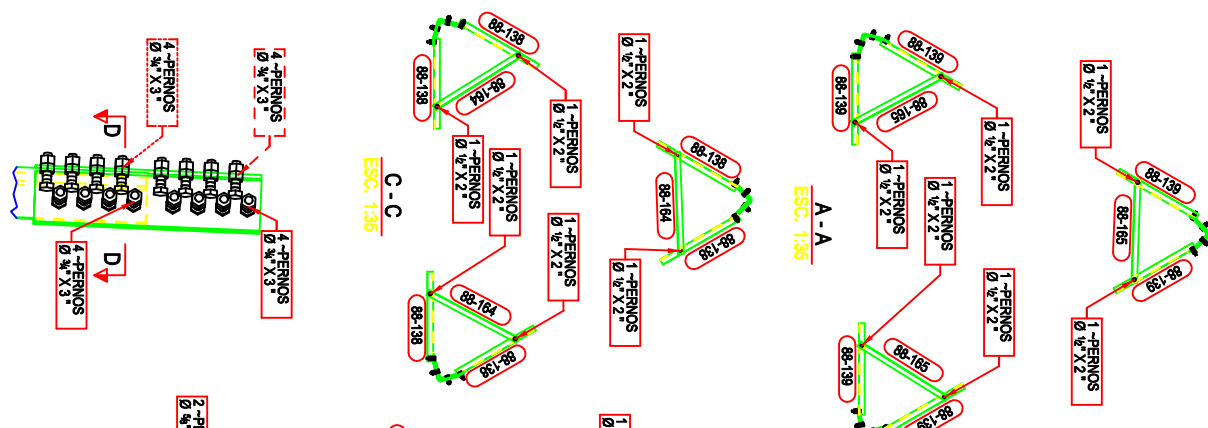
A diagram of a bent DNA molecule. It consists of two green lines representing DNA strands, connected by yellow circles representing base pairs. The molecule is bent into a V-shape. Two red ovals are placed on the strands, containing the numbers '88-314' and '715-88' respectively.



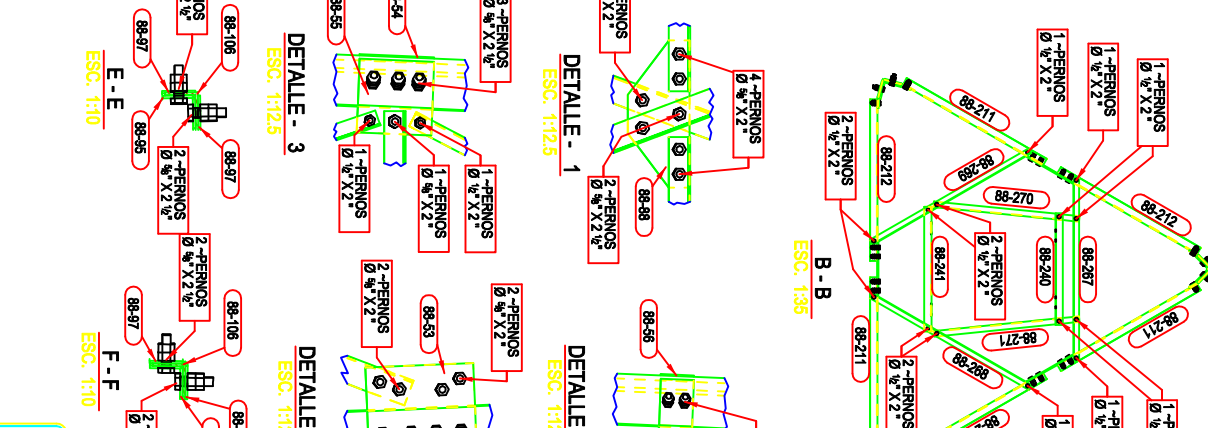
Propósito:		TORRE AUTOSPORTADA TRIANGULAR H=50MT	
Lugar:		GUZMANCO-CONTINUAZ CALAMARCA	
Límite:		G-007 MODULO 6	Formato : 940x1180 Escala : 1:50
Diseño:		ALOSKA AGUIRRE MENDOZA	
			REVISIÓN 0 



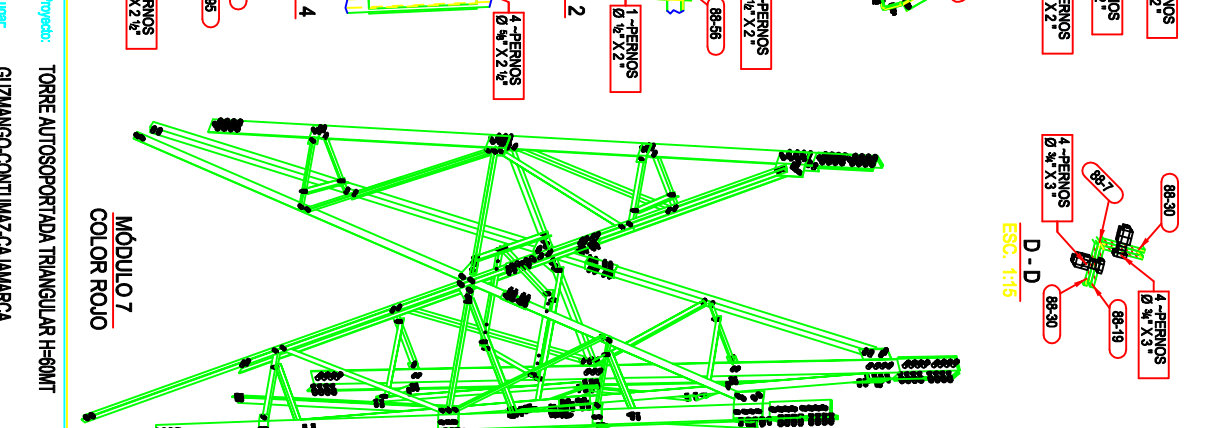
MODULO 7
ESC. 1:30



DETALLE - 5
ESC. 1:12,5



DETALLE - 3
ESC. 1:12,5



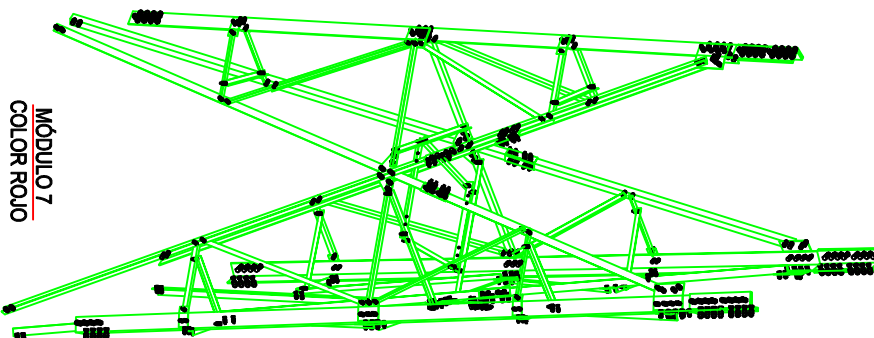
DETALLE - 4
ESC. 1:12,5



DETALLE - 1
ESC. 1:12,5

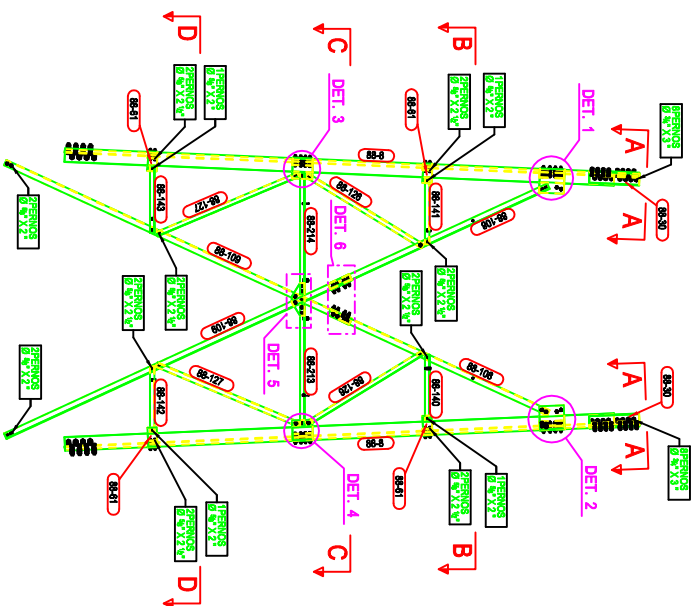
DETALLE - 2
ESC. 1:12,5

DETALLE - 6
ESC. 1:10



MÓDULO 7
COLOR ROJO

Proyecto:	TORRE AUTOSPORTADA TRIANGULAR H=60MT		
Lugar:	GUZMANGO-CONTUMAZ-CAJAMARCA		
Límite:	G-008	Forma:	840x1188
Modulo:	MODULO 7	Escala:	1:80
Diseño:	ALOSKY AGUIRRE MENDOZA		
Revisión:	0		



MODULO 8

E-E
ESC. 125

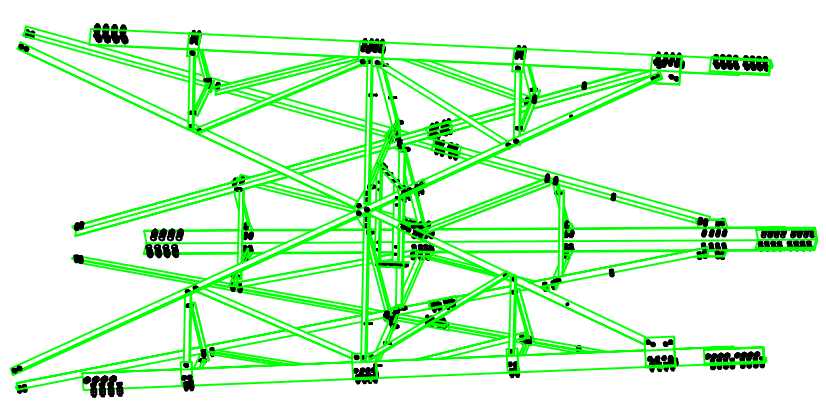
DETALLE - 6
ESC. 120

A-A
ESC. 115

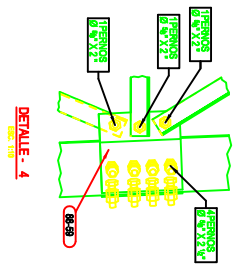
B-B
ESC. 130

C-C
ESC. 130

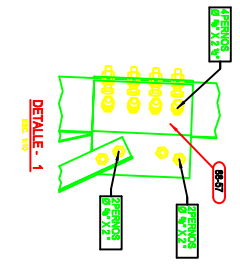
D-D
ESC. 130



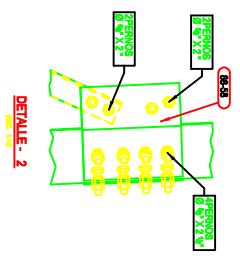
MODULO 8
COLOR BLANCO



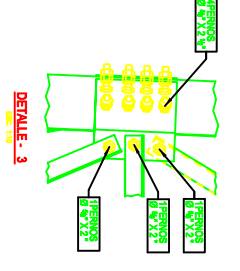
DETALLE - 4
ESC. 110



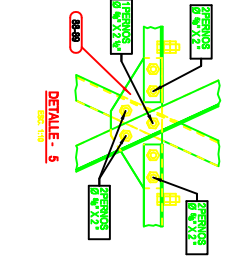
DETALLE - 1
ESC. 110



DETALLE - 2
ESC. 110

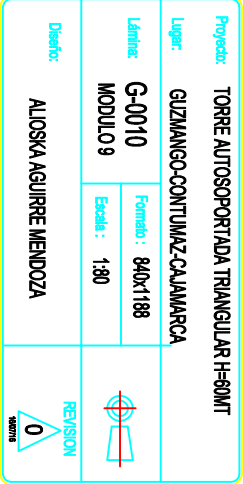


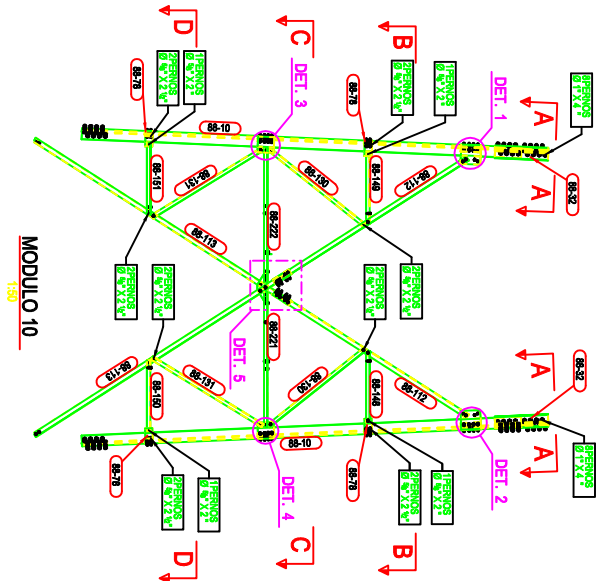
DETALLE - 3
ESC. 110



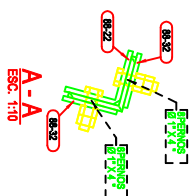
DETALLE - 5
ESC. 110

Proyecto:	TORRE AUTOSOPORTADA TRIANGULAR H-90MT		
Lugar:	GUZMÁN-CONTINUAZ-CALAMARCA		
Límite:	G-009	Forma:	940x188
Modulo:	MODULO 8	Escala:	1:80
Diseño:	ALOSKA AGUIRRE MENDOZA		
			0





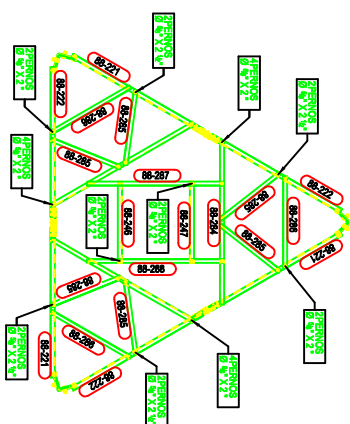
MÓDULO 10
1:50



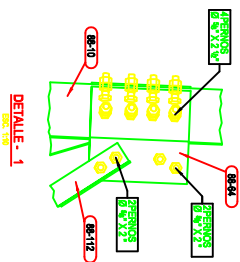
A-A
ESC. 1:10



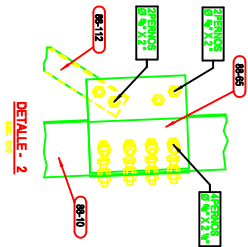
B-B
ESC. 1:45



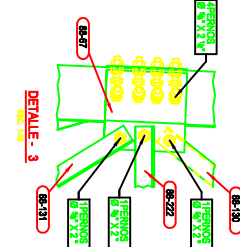
C-C
ESC. 1:45



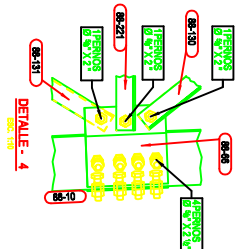
DETALLE - 1
ESC. 1:5



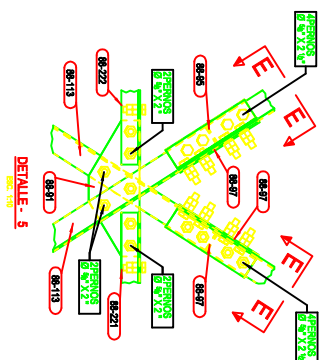
DETALLE - 2
ESC. 1:5



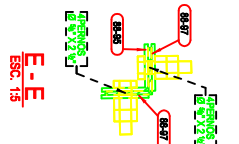
DETALLE - 3
ESC. 1:5



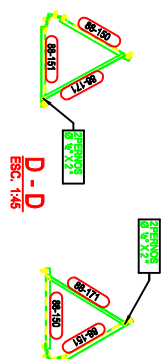
DETALLE - 4
ESC. 1:5



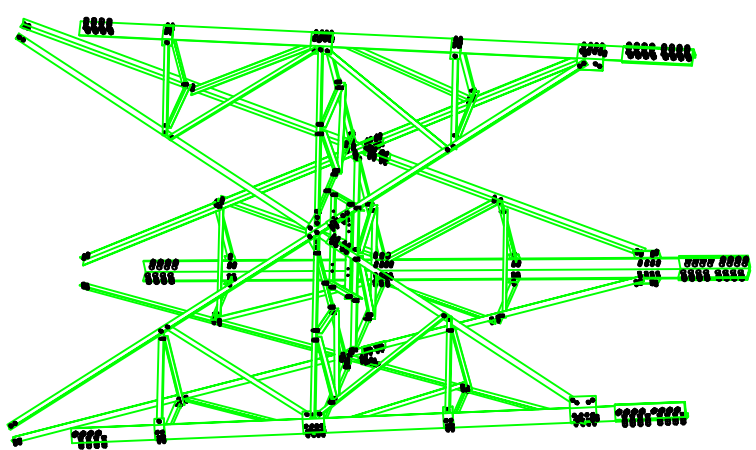
DETALLE - 5
ESC. 1:5



E-E
ESC. 1:5

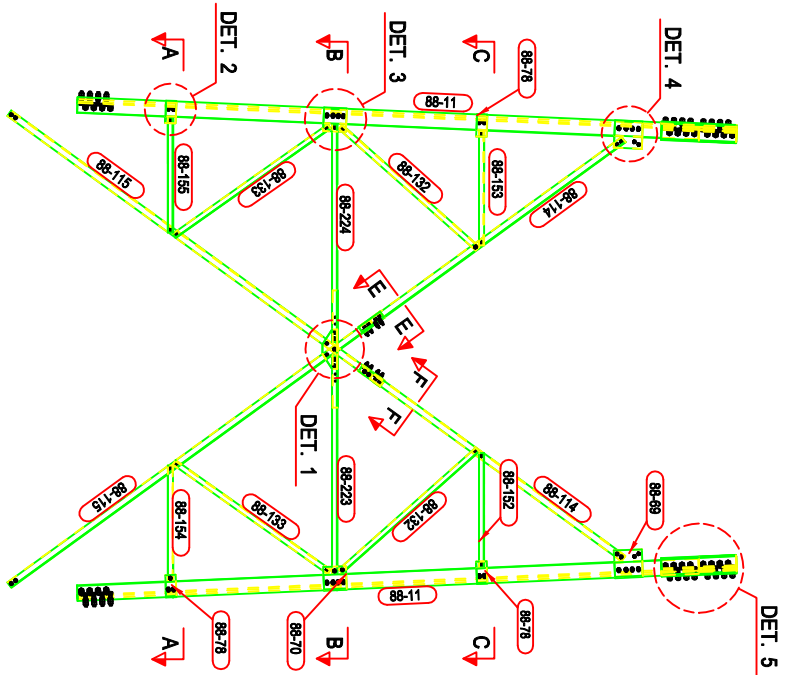


D-D
ESC. 1:45

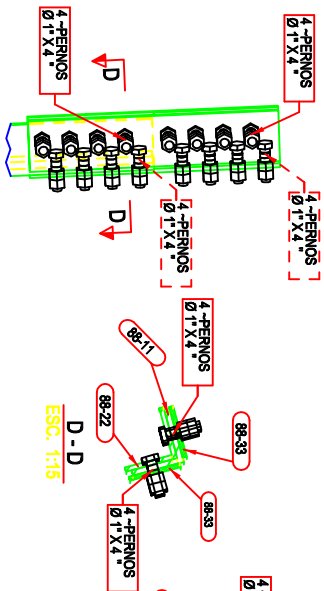


MÓDULO 10
COLOR BLANCO

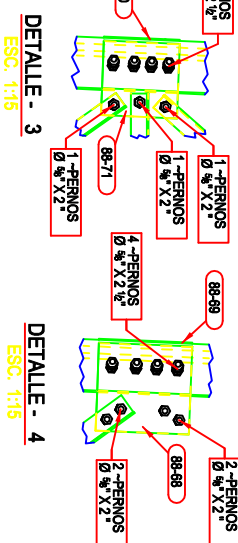
Proyecto:	TORRE AUTOSOPORTADA TRIANGULAR H-BENT		
Lugar:	GUZMÁN-CONTINUAZ CALAMARCA		
Límite:	G-011	Etapa:	INDICADA
Modulo:	MÓDULO 1		
Diseño:	ALISSA AGUIRRE MENDOZA		



MODULO 11
ESC. 1:50

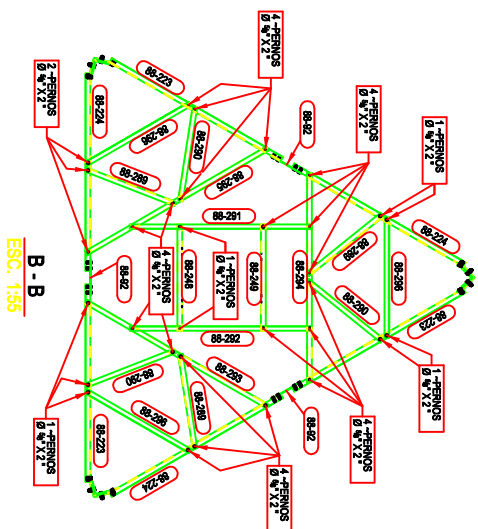


DETALLE - 5
ESC. 1:15



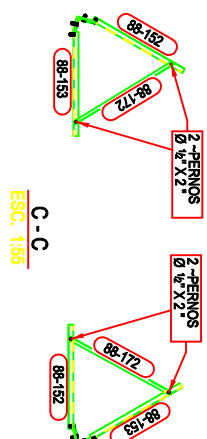
DETALLE - 3
ESC. 1:15

DETALLE - 4
ESC. 1:15



B - B
ESC. 1:55

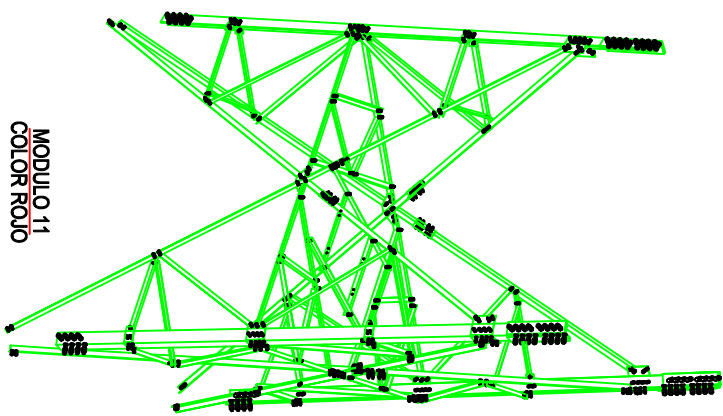
A - A
ESC. 1:55



C - C
ESC. 1:55

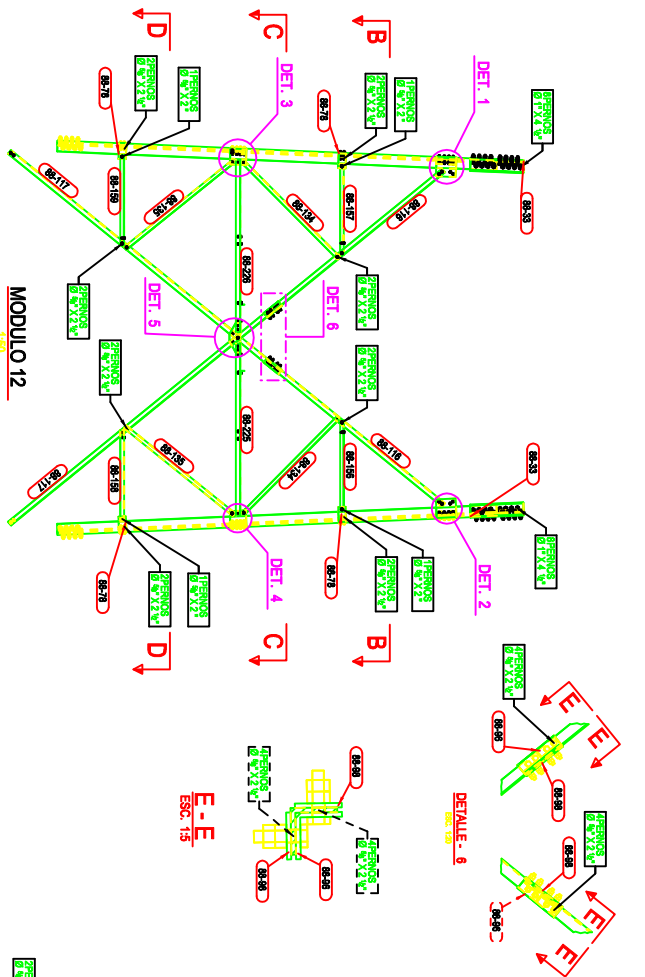
DETALLE - 2
ESC. 1:15

DETALLE - 1
ESC. 1:15



MODULO 11
COLOR ROJO

Proyecto:	TORRE AUTOSPORTADA TRIANGULAR H=60MT		
Lugar:	GUZMANGO-CONTUMAZ-CAJAMARCA		
Límite:	G-012	Escala:	INDICADA
	MODULO 11		
Diseño:	ALOSKA AGUIRRE MENDOZA		
		REVISION	0



MÓDULO 12

DETALLE - 6

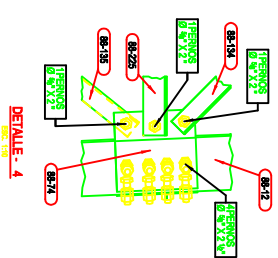
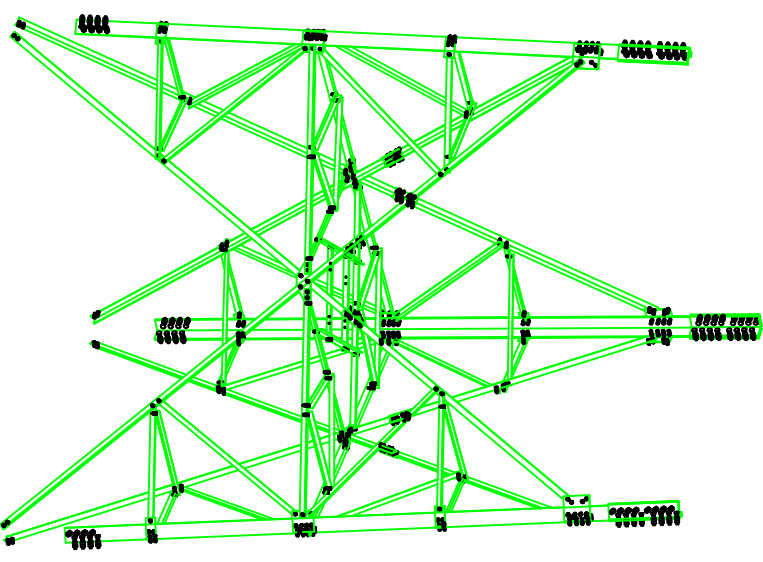
E-E

B-B

C-C

D-D

MÓDULO 12
COLOR BLANCO



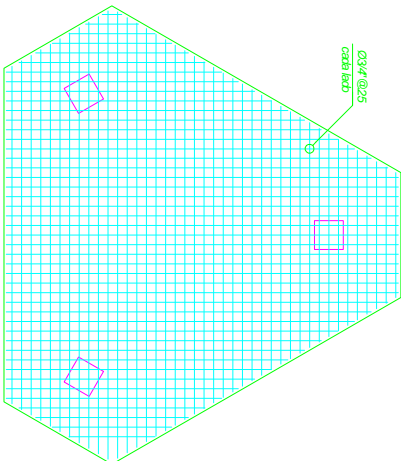
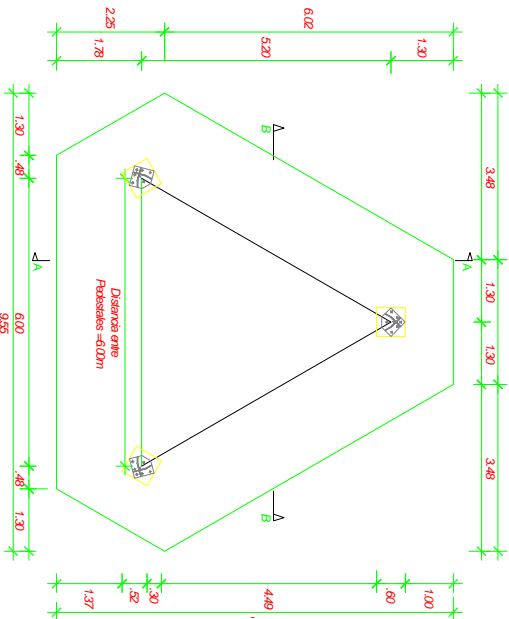
DETALLE - 2

DETALLE - 3

DETALLE - 5

DETALLE - 4

Proyecto:	TORRE AUTOSOPORTADA TRIANGULAR H-BENT		
Lugar:	GUZMÁN-GOCONTIUMAZ-CALAMARCA		
Librería:	G-013	Escala:	INDICADA
Modulo:	MÓDULO 12		
Diseño:	ALDOYA AGUIRRE MENDOZA		
			PROYECTO
			0

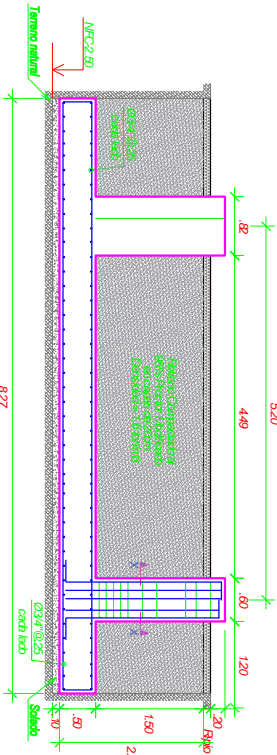


PLANTA GENERAL TORRE AUTOSOPORTADA H=60m

Esc: 1/75

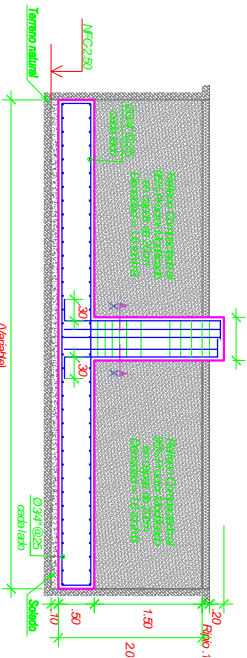
PLANTA GENERAL DISTRIBUCION DE ACERO EN PLATEA

Esc: 1/75



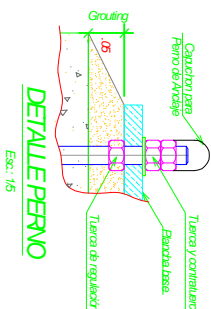
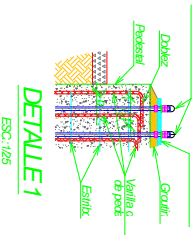
CORTE A-A TORRE AUTOSOPORTADA H=60m

Esc: 1/50



CORTE B-B TORRE AUTOSOPORTADA H=60m

Esc: 1/50



RESUMEN DE CONDICIONES DE CIMENTACION

Se tienen las siguientes condiciones de cimentación:

	LOSI DE CIMENTACION
1 TIPO DE CIMENTACION	
2 ESTRATO DE APOYO DE CIMENTACION	LIMOS DE BAJA PLASTICIDAD
3 PROFUNDIDAD MINIMA DE CIMENTACION	3.00 POR DEBAJO DE LA SUPERFICIE NATURAL DEL TERRENO
4 PRESION ADMISIBLE DE TERRENO	1.50 kg/cm ²
5 FACTOR DE SEGURIDAD POR CORTE	3.0
6 ASENTAMIENTO MAXIMO PERMISIBLE	2.14cm
7 AGRESIVIDAD DEL SUELO	NO PRESENTA
8 CEMENTO DE CONCRETO EN CONTACTO	PORTLAND TPO I
9 NIVEL PRELITO	NO PRESENTA

NOTAS:

RECOMENDACIONES ADICIONALES:
NO DEBE CIMENTARSE SOBRE TIERRA SUelta u ORGANICA, TIERRA VEGETAL, DESMONTES u REllENO SANTIAGO Y/OIE ESTOS MATERIALES INADECUADOS DEBERAN SER REMOVIDOS EN SU TOTALIDAD, ANTES DE CONSTRUIR LA CIMENTACION Y SER REEMPLAZADOS CON MATERIALES ADECUADOS. LA SUPERFICIE A RECUBRIR DEBE ESTAR PERPENDICULAR, Y LADOS DEBENOS LIBRE DE RAICES, ROCAS ANGULOSAS, PIEDRAS MAYORES A 2.00m DIAMETRO QUE PUEDAN CORROUJAR LA CIMENTACION, NO DEBE PRESENTAR DEPOSITOS DE AGUA, SUCIEDAD O HUMEDAD EXCESIVA

ESPECIFICACIONES MATERIALES Y MANEJO

1.- CEMENTO:

2.- RESISTENCIA DEL CONCRETO:

3.- SUELO:

4.- RECURSOS:

5.- AGENTES:

6.- RECURSOS:

7.- AGENTES:

8.- RECURSOS:

9.- AGENTES:

10.- RECURSOS:

11.- AGENTES:

12.- RECURSOS:

13.- AGENTES:

14.- RECURSOS:

15.- AGENTES:

16.- RECURSOS:

17.- AGENTES:

18.- RECURSOS:

19.- AGENTES:

20.- RECURSOS:

21.- AGENTES:

22.- RECURSOS:

23.- AGENTES:

24.- RECURSOS:

25.- AGENTES:

26.- RECURSOS:

27.- AGENTES:

28.- RECURSOS:

29.- AGENTES:

30.- RECURSOS:

31.- AGENTES:

32.- RECURSOS:

33.- AGENTES:

34.- RECURSOS:

35.- AGENTES:

36.- RECURSOS:

37.- AGENTES:

38.- RECURSOS:

39.- AGENTES:

40.- RECURSOS:

41.- AGENTES:

42.- RECURSOS:

43.- AGENTES:

44.- RECURSOS:

45.- AGENTES:

46.- RECURSOS:

47.- AGENTES:

48.- RECURSOS:

49.- AGENTES:

50.- RECURSOS:

51.- AGENTES:

52.- RECURSOS:

53.- AGENTES:

54.- RECURSOS:

55.- AGENTES:

56.- RECURSOS:

57.- AGENTES:

58.- RECURSOS:

ANEXO 3

HOJA DE CALCULO

DOCUMENTO N°:

PROYECTO:

CLIENTE:

DISEÑADO POR:

REVISADO POR:

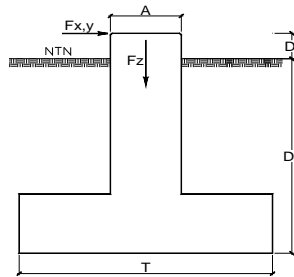
FECHA:

24/02/2017

CONTENIDO: Diseño de Cimentación
Torre Autosoportada Triangular h=60.00m. V=100km/hr.

1.- DATOS PRELIMINARES

$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
 $\gamma_m = 13.90 \text{ tn/m}^3$ (Del estudio de suelos)
 $D_f = 2.00 \text{ m}$
 $D' = 0.30 \text{ m}$
 $s/c = 0 \text{ kg/m}^2$



$$Q_{adm} = 13.9 \text{ tn/m}^2 = 1.39 \text{ kg/cm}^2$$

2.- CARGAS PROVENIENTES DE LA TORRE

Node	Case 510 (Kn)			Case 530 (Kn)			Case 570 (Kn)		
	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz
A	18.39	-21.39	-290.71	-8.68	24.49	265.79	-19.11	24.19	347.90
B	18.39	21.39	-291.48	24.11	42.54	-514.41	-19.09	-24.17	347.13
C	65.87	0.00	733.77	33.78	4.36	400.20	-50.55	-0.01	-543.44

Node	Case 510 (Tn)			Case 530 (Tn)			Case 570 (Tn)		
	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz
A	1.87	-2.18	-29.64	-0.89	2.50	27.10	-1.95	2.47	35.48
B	1.88	2.18	-29.72	2.46	4.34	-52.46	-1.95	-2.46	35.40
C	6.72	0.00	74.82	3.44	0.44	40.81	-5.15	0.00	-55.42

3.- CALCULO DE LAS DIMENSIONES DE LA COLUMNA

Calculo de Área bruta de columna

$$A_g = \frac{P_u}{0.45 (f'_c + f_y r_t)}$$

$$P_D = 74.82 \text{ tn}$$

$$P_W = 0.00 \text{ tn}$$

$$P_U = 1.25 \times P_D + 1.25 \times P_W = 93.53 \text{ tn}$$

$$\rho_t = A_{s_t} / A_g = 0.009 \text{ (cuantía mínima)}$$

$$A_g = 838.75 \text{ cm}^2$$

$$b = 29.00 \text{ cm} \text{ (lado de la columna)}$$

Por lo tanto se usara:

$$A = 0.60 \text{ m}$$

$$A = 0.60 \text{ m}$$

Por lo tanto tenemos:

$$A_s = 32.40 \text{ cm}^2$$

Propuesta de Acero:	Ø (pulg)	Cantidad
	Ø 5/8"	12
	Ø 3/4"	4

Verificación de la Columna como viga en voladizo:

$n = 5$ (numero de varilla que soporta el momento)
 $A_s = 11.64 \text{ cm}^2$ (area de acero en una cara)

Momento ultimo en la base:

$$M_u = 15.11 \text{ tn-m}$$

$$M_u = 15.11 \text{ tn-m}$$

$$\longrightarrow A_s (M_u) = 7.47 \text{ cm}^2$$

$$< 11.64 \text{ cm}^2$$

Ok!

$$= 0.045$$

$$= 0.0023$$

Momento resistente (1.5Mr):

$$M_r = 15.65 \text{ tn-m}$$

Ok!

HOJA DE CALCULO

DOCUMENTO N°:

PROYECTO:

CLIENTE:

DISEÑADO POR:

REVISADO POR:

FECHA:

24/02/2017

CONTENIDO: Diseño de Cimentación
Torre Autosoportada Triangular h=60.00m. V=100km/hr.

Diseño por Cortante:

Resistencia del concreto al corte

$$V_{max} = 6.72 \text{ tn}$$

$$V_u = 1.25 \times D + 1.25 \times W = 8.40 \text{ tn}$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{f'c} b.d$$

$$\phi V_c = 0.53 \phi \sqrt{f'c} b.d$$

Se debe de cumplir:

$$\phi V_c > V_u$$

donde: $\phi = 0.85$

$$\phi V_c = 21,544 \text{ kg} > 8,396 \text{ kg} \quad \text{Ok!}$$

Por lo tanto se usara cuantía mínima por corte!

Debe de cumplir:

$$A_{s_{min}} \geq 3.5 b_w \cdot \frac{s}{f_y}$$

Tenemos espaciamiento minimo:

$$s = \frac{1}{2} d = 26.25 \text{ cm}$$

$$s = 60 \text{ cm.}$$

El menor

Asumiendo

$$s = 20.00 \text{ cm}$$

Los estribos seran 3 de 3/8"

$$A_{s_{min}} = 2.14 \text{ cm}^2$$

Comprobando con la desigualdad

$$2.14 \text{ cm}^2 > 1.00 \text{ cm}^2 \quad \text{Ok!}$$

VARILLA DE ACERO		
DIAM.		AREA (cm2)
PULG.	mm.	
Ø 1/4"	6.35	0.32
Ø 3/8"	9.53	0.71
Ø 1/2"	12.70	1.27
Ø 5/8"	15.88	1.98
Ø 3/4"	19.05	2.85
Ø 1"	25.40	5.07
1 1/4"	31.75	7.92

Verificación de Flexo compresión y Flexo tracción:

$$P_c = -95.26 \text{ Ton}$$

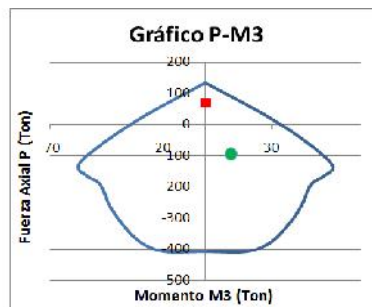
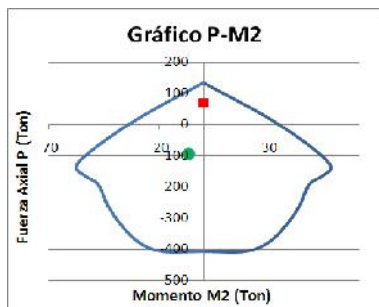
$$M_{c2} = -6.72 \text{ Ton-m}$$

$$M_{c3} = 11.63 \text{ Ton-m}$$

$$P_t = 69.27 \text{ Ton}$$

$$M_{t2} = 0.00 \text{ Ton-m}$$

$$M_{t3} = 0.00 \text{ Ton-m}$$



HOJA DE CALCULO

DOCUMENTO N°:

PROYECTO:

CLIENTE:

DISEÑADO POR:

REVISADO POR:

FECHA:

24/02/2017

CONTENIDO: Diseño de Cimentación
Torre Autosoportada Triangular h=60.00m. V=100km/hr.

4.- CALCULO DE LAS DIMENSIONES DE LA ZAPATA

Dimensionamiento de la Altura h_z de la Zapata

Generalmente la altura de la cimentación esta gobernada por el requerimiento de longitud de anclaje en compresión del refuerzo longitudinal de la columna o por los esfuerzos de corte por punzonamiento en la zapata.

compresion: La longitud de desarrollo a la compresión en cm. sera el mayor de los siguientes valores:

$$l_{de} = 0.08 \cdot \frac{d_b \cdot f_y}{\sqrt{f'_c}} = 44.17 \text{ cm}$$

$$l_{de} = 0.004 \cdot d_b \cdot f_y = 32.00 \text{ cm}$$

Efecto del corte por punzonamiento:

$$V_U = 93.53 \text{ tn}$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{f'_c} b_o d$$

Se asume que el punzonamiento es resistido por la superficie bajo la línea punteada
Entonces del grafico tenemos:

como: $b_o = \text{Perímetro}$

$$b_o = (4d + 240.00) \text{ cm.} \quad V_u = V_c$$

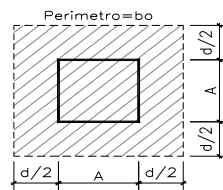
Por lo tanto tenemos:

$$d = 32.80 \text{ cm} \quad \text{o} \quad -92.80 \text{ cm}$$

$$h_z = 41.6 \text{ cm}$$

Por lo tanto USAR:

$$h_z = 0.50 \text{ m.}$$



6.- DIMENSIONAMIENTO DE PLATEA

Sabiendo que:

Lado del pedestal: $A = 0.60 \text{ m}$

Altura del pedestal por encima de terreno $D' = 0.30 \text{ m}$

Desplante de zapata: $D_f = 2.00 \text{ m}$

Altura de Pedestal: $h_p = 1.80 \text{ m}$

Altura de zapata: $h_z = 0.50 \text{ m}$

Altura nivel freático: $h_w = 10000.0 \text{ m}$

S= 6.00 m

h= 1.00 m

a= 6.95 m

b= 2.60 m

c= 6.95 m

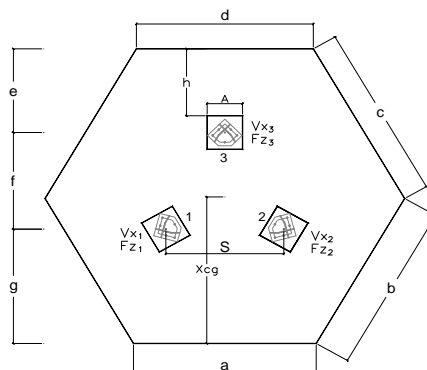
d= 2.60 m

e= 1.30 m

f= 5.20 m

g= 1.78 m

$X_{c.g} = 4.11 \text{ m}$



Volumen del concreto: $V_c = 29.52 \text{ tn}$

Peso del concreto: $P_c = 70.86 \text{ tn}$

Densidad terreno relleno: $\gamma_r = 1.60 \text{ ton/m}^3$

Peso del relleno: $P_r = 129.79 \text{ tn}$

HOJA DE CALCULO

DOCUMENTO N°:

PROYECTO:

CLIENTE:

DISEÑADO POR:

REVISADO POR:

FECHA:

24/02/2017

CONTENIDO: Diseño de Cementación
Torre Autosoportada Triangular h=60.00m. V=100km/hr.

6.- Verificación de la estabilidad general de la torre

CASO 1

Verifica

Escogemos la combinación COMB 510, la cual genera las máximas fuerzas de compresión en pedestal 3 y tracción en el pedestal 1 y 2, por lo que el conjunto tratará de rotar respecto al eje Y1

	FX(ton)	FY(ton)	FZ(ton)	MX(ton)	MY(ton)
Resultante	10.46	0.00	15.45	-0.23	359.21

Cálculo del momento de volteo (M_{vy1})

$$M_{vy1} = (F_x) \cdot H_z + M_Y$$

Separación entre ejes: S = 6.00 m

$L = S \cdot \sin(60^\circ) = 5.20$ m

Brazo de palanca $H_z = 2.30$ m

Entonces $M_{vy1} = 383.27$ ton-m

Cálculo del momento resistente (M_r)

$$M_r = f_z \cdot c_{g1} + W(c+r) \cdot (c_{g1})$$

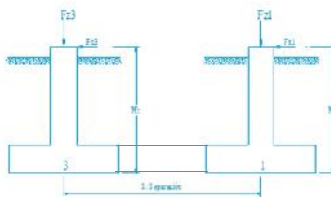
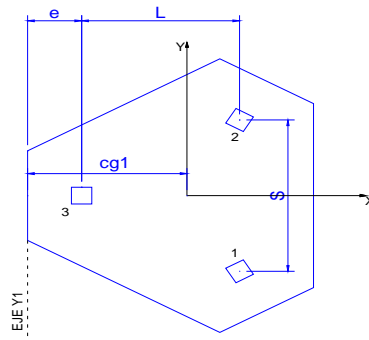
$c_{g1} = 4.76$ m

$W(c+r) = W_{concreto} + W_{relleno} = 200.6$ ton

Entonces $M_r = 1029.50$ ton-m

$F_{sv} = 2.69$

> 2 OK



CASO 2

Verificamos la estabilidad al volteo como conjunto (Torre y Platea)

Escogemos la combinación COMB 570, la cual genera las máximas fuerzas de tracción en Pedestal 3 y compresión en el pedestal 1 y 2, por lo que el conjunto tratará de rotar respecto al eje Y2

	FX(ton)	FY(ton)	FZ(ton)	MX(ton)	MY(ton)
Resultante	-9.05	0.00	15.45	-0.23	-312.27

Cálculo del momento de volteo (M_{vy2})

$$M_{vy2} = f_x \cdot H_z + M_Y$$

Separación entre ejes: S = 6.00 m

$L = S \cdot \sin(60^\circ) = 5.20$ m

$L1 = 1.78$ m

Brazo de palanca $H_z = 2.30$ m

Entonces $M_{vy2} = 333.08$ ton-m

Cálculo del momento resistente (M_r)

$$M_r = f_z \cdot c_{g2} + W(c+r) \cdot (c_{g2})$$

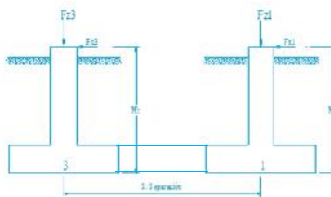
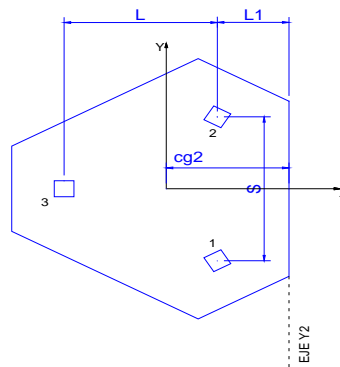
$W(c+r) = W_{concreto} + W_{relleno} = 200.6$ ton

$c_{g2} = 3.51$ m

Entonces $M_r = 758.04$ ton-m

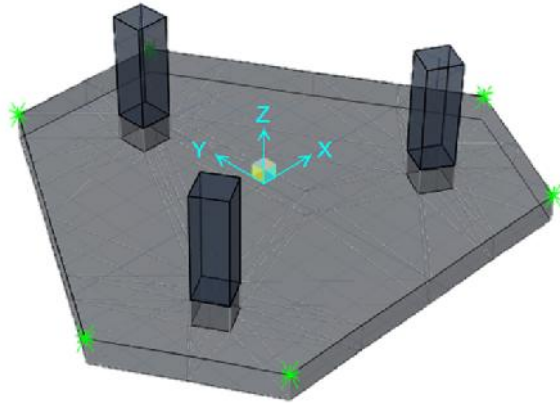
$F_{sv} = 2.28$

> 2 OK



CONTENIDO: Diseño de Cimentación
Torre Autosoportada Triangular h=60.00m. V=100km/hr.

6.- MODELO EN 3D EN EL SAFE V 12.3.1



Cargas para el diseño de cimentación:

Peso de relleno = Peso específico x Altura del relleno = $1.60 \text{ tn/m}^3 \times 1.50 \text{ m} = 2.40 \text{ tn/m}^2$
Coefficiente de Balasto = **1.390 kg/cm³** (Asumida, verificar en obra)

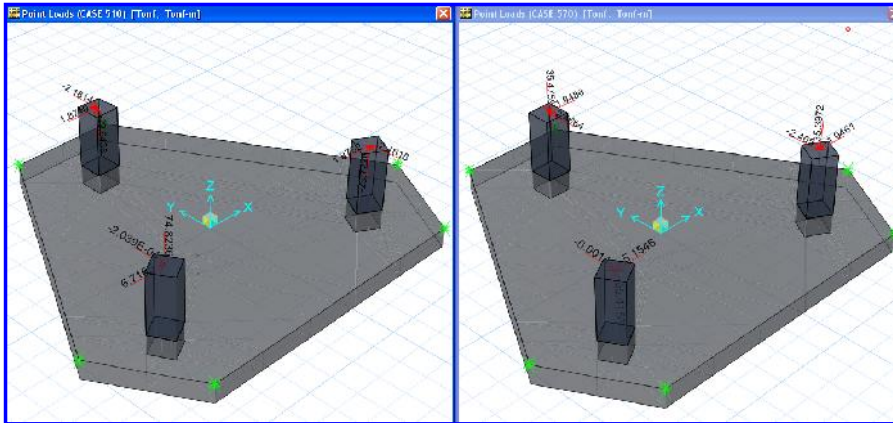
Se define 2 combos de cargas principales, acorde a las direcciones de viento asumido sobre la torre:

COMB1 : 1.25 D + 1.25 CASE 510 + 1.25 RELLENO
 COMB2 : 1.25 D + 1.25 CASE 520 + 1.25 RELLENO

Se define 2 cargas de servicio

SERV 510 : 1.0 D + 1.0 CASE 510 + 1.0 RELLENO
 SERV 520 : 1.0 D + 1.0 CASE 520 + 1.0 RELLENO

7.- CARGAS DEBIDO A LAS REACCIONES DE LA TORRE EN PEDESTAL



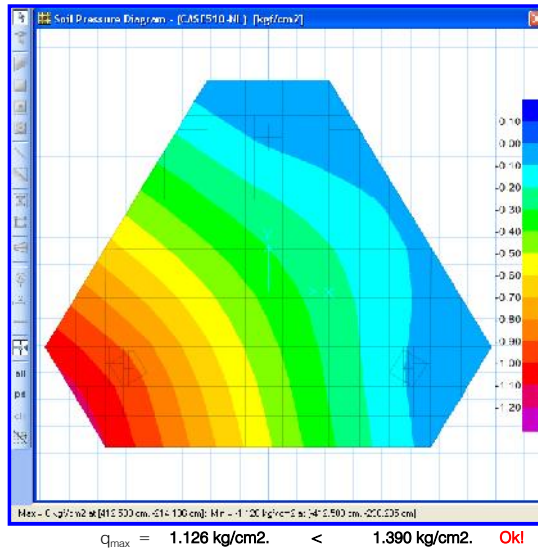
CONTENIDO: Diseño de Cimentación
Torre Autosoportada Triangular h=60.00m. V=100km/hr.

DOCUMENTO Nº:
PROYECTO:
CLIENTE:
DISEÑADO POR:
REVISADO POR:
FECHA: 24/02/2017

Verificación de los Esfuerzos Max. transmitidos por el terreno:

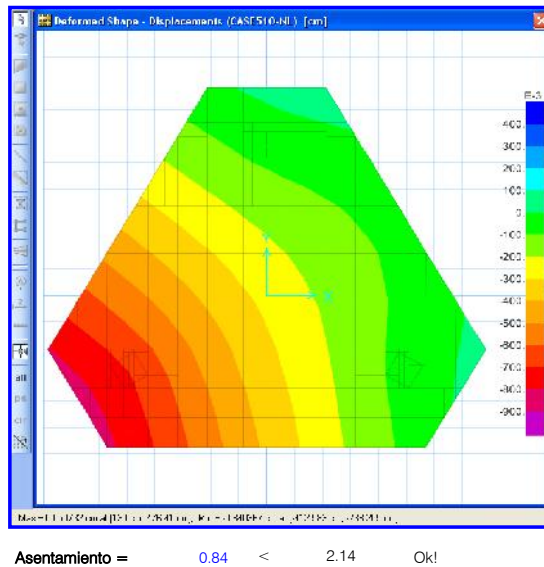
$$Q_{adm} = 1.39 \text{ kg/cm}^2.$$

Para los cálculos para los esfuerzos de terreno se utilizara el Programa SAFE, considerando a la platea como un elemento finito.



Verificación de Asentamiento:

$$Q_{adm} = 2.14 \text{ kg/cm}^2.$$



CONTENIDO: Diseño de Cimentación
Torre Autoportada Triangular h=60.00m. V=100km/hr.

8.- ANALISIS Y DISEÑO DE LA ZAPATA

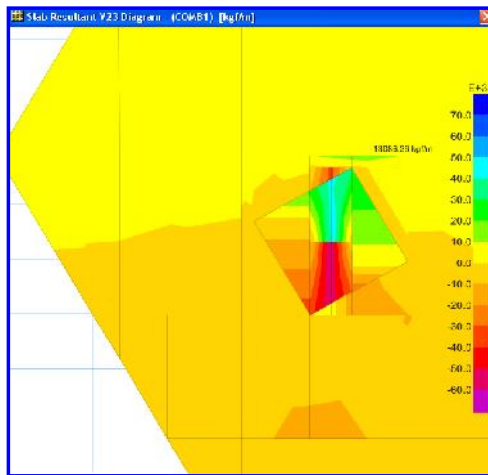
Diseño por Cortante:

Hallando Vdu: En la zapata se debe de verificar la capacidad cortante como viga a una distancia "d" de la cara de la columna de apoyo.

Se debe de verificar que el peralte de la zapata sea el necesario para que el concreto pueda tomar toda el cortante por lo que se deberá verificar tanto a corte por flexión como por punzonamiento.

Se asume que el punzonamiento es resistido por la superficie bajo la línea punteada

Entonces del grafico tenemos:



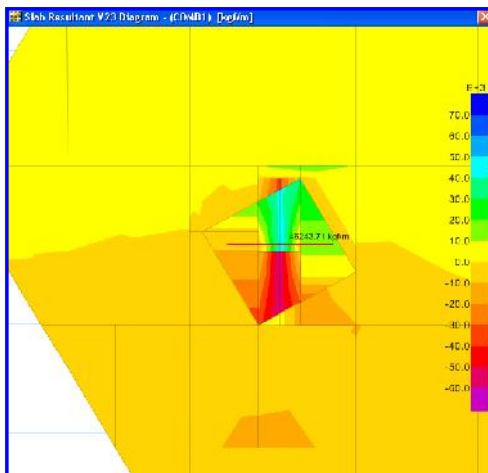
$$V_u = 13,086.26 \text{ kg}$$

$$d = 45.00 \text{ cm}$$

$$\text{como: } b = 100.00 \text{ cm}$$

$$V_u = 13,086 \text{ kg} < V_c = 34,562 \text{ kg} \text{ Ok!}$$

Diagrama de Fuerza Cortante



5355

63

HOJA DE CALCULO

DOCUMENTO N°:

PROYECTO:

CLIENTE:

DISEÑADO POR:

REVISADO POR:

FECHA:

24/02/2017

CONTENIDO: Diseño de Cimentación
Torre Autosportada Triangular h=60.00m. V=100km/hr.

Vc, será el menor de las siguientes expresiones:

$$V_c = (0.53 + \frac{1.1}{S_c}) \sqrt{f'c} b_o d \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$V_c = 0.27(2 + \frac{4}{S_c}) \sqrt{f'c} b_o d \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$V_c = 1.06 \sqrt{f'c} b_o d \quad \dots\dots\dots(3)$$

Donde:

$$b = D/b \quad ; \quad S_c \geq 2 \quad \beta_c = 1.00 \quad \text{Ok}$$

$$b_o = 4d + 2A + 2A = 420 \text{ cm}$$

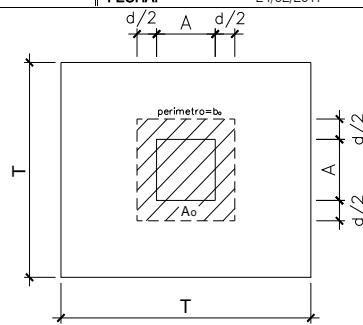
de (1) $V_c = 446,436 \text{ kg}$

de (2) $V_c = 443,697 \text{ kg}$

de (3) $V_c = 290,320 \text{ kg}$ (Se toma el menor valor)

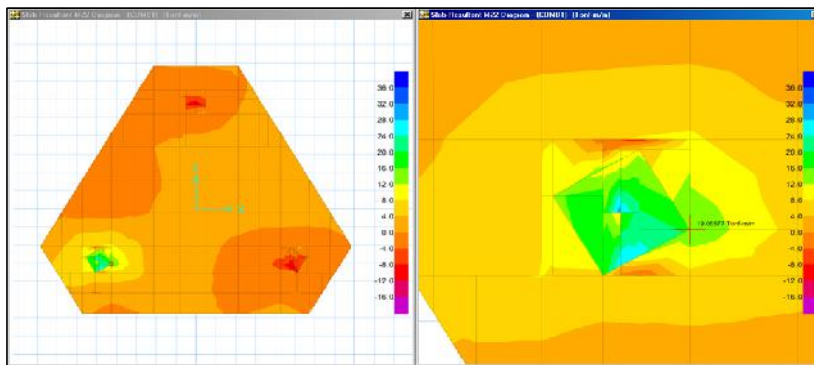
$\phi V_c = 246,772 \text{ kg}$

$V_u = 46,244 \text{ kg} < \phi V_c = 246,772 \text{ kg} \quad \text{Ok!}$

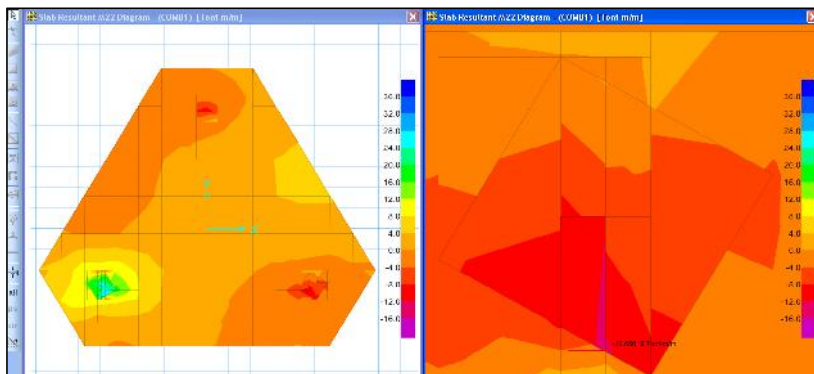


Calculo del refuerzo de Las Zapatas

Los momentos últimos máximos se dan en la cara de los pedestales



MOMENTO MAXIMO POSITIVO EN LA CARA DEL PEDESTAL



MOMENTO MAXIMO NEGATIVO EN LA CARA DEL PEDESTAL

HOJA DE CALCULO

DOCUMENTO N°:

PROYECTO:

CLIENTE:

DISEÑADO POR:

REVISADO POR:

FECHA: 24/02/2017

CONTENIDO: Diseño de Cimentación
Torre Autosoportada Triangular h=60.00m. V=100km/hr.

Se considerará los mismos procedimientos que se toman en diseño de vigas.

Sabemos que:

$$W = 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7.Mu}{0.9.f'_c.b.d^2}}$$

$$Mu = w.f'_c.b.d^2.W(1 - 0.59W)$$

Del garfco tenemos:

Mu(+)= 19.10 tn-m/m

Mu(-)= 12.65 tn-m/m

Mcr = 12.08 tn-m/m

b = 100.00 cm

h = 50.00 cm

d = 42.50 cm

Mdiseño = max. (Mu ; 1.2 Mcr)

Mdiseño = 19.10 tn-m/m

$$\rho = W \frac{f'_c}{f'_y}$$

$$As = 100.....b.d \quad (b \text{ y } d \text{ en mt.})$$

Diseño por Flexión

Mu (tn-m/m)	W	ρ	As (cm ²)	As-min. (cm ²)
----------------	---	---	--------------------------	-------------------------------

19.10	0.05792	0.003	12.31	7.65
-------	---------	-------	-------	------

Diseño por Flexión

As (necesario) (cm ²)	Ø (Pulg)	Acero a colocar en ambos sentidos
--------------------------------------	-------------	--------------------------------------

12.31	3/4"	Ø 3/4" @ 0.25 m
-------	------	-----------------

ANEXO 4

ESTUDIO GEOTÉCNICO

MEMORIA DESCRIPTIVA

PROYECTO: **“0101582_CA_GUZMANGO”**

SOLICITA: **LEADCOM PERU SAC**

Noviembre 2, 014

PROYECTO:	“0101582_CA_GUZMANGO”
------------------	------------------------------

ESTUDIO GEOTÉCNICO

CONTENIDO

- 1.0 GENERALIDADES**
 - 1.1 OBJETO DEL ESTUDIO**
 - 1.2 NORMATIVIDAD**
 - 1.3 UBICACIÓN DEL PROYECTO**
 - 1.4 ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO**
 - 1.5 CONDICIÓN CLIMÁTICA Y ALTITUD DE LA ZONA**
- 2.0 GEOLOGÍA**
 - 2.1 GEOLOGÍA LOCAL**
 - 2.2 SISMICIDAD DEL ÁREA EN ESTUDIO**
- 3.0 RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN**
- 4.0 INVESTIGACIÓN DE CAMPO**
- 5.0 ESTRUCTURAS DE CIMENTACIÓN**
 - 5.1 TIPO DE EDIFICACIÓN**
 - 5.2 CIMENTACIÓN TIPO**
- 6.0 ENSAYOS DE LABORATORIO**
- 7.0 PERFILES ESTRATIGRÁFICOS**
 - 7.1 DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA**
 - 7.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS**
- 8.0 ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN**
 - 8.1 PROFUNDIDAD DE LA CIMENTACIÓN**
 - 8.2 TIPO DE CIMENTACIÓN**
 - 8.3 CÁLCULO Y ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA**
 - 8.4 CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS**
- 9.0 AGRESIÓN DEL SUELO A LA CIMENTACIÓN.**
 - 9.1 RESULTADOS DE ANÁLISIS**
- 10.0 NIVEL DE NAPA FREÁTICA**
- 11.0 CONCLUSIONES – RECOMENDACIONES**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FOTOGRAFÍAS

ANEXOS (ENSAYOS ESTANDAR)

ESTUDIO GEOTÉCNICO

MEMORIA DESCRIPTIVA

PROYECTO: “0101582_CA_GUZMANGO”

1.0 GENERALIDADES

1.1 OBJETO DEL ESTUDIO.-

El objetivo del presente Informe Técnico es realizar el Estudio Geotécnico con fines de Cimentación del subsuelo del terreno en el cual se construirá el proyecto para el emplazamiento de la edificación en el terreno de dirección señalada en el numeral (1.3). El objeto del presente trabajo es determinar las principales características físicas y mecánicas del suelo para el diseño de la cimentación y algunas recomendaciones para su construcción y mantenimiento.

1.2 NORMATIVIDAD.-

Los estudios están en concordancia con: Norma E-050 de Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones.

1.3 UBICACIÓN DEL PROYECTO.-

- Dirección : Comunidad Campesina San Francisco de Guzmango
- Coordenadas : Latitud : -7.37335°
: Longitud : -78.88637°
- Distrito : Guzmango
- Provincia : Contumaza
- Departamento : Cajamarca

1.4 ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO.-

Tiene acceso desde Trujillo en movilidad hasta el distrito de Guzmango en 2 horas aproximadamente y luego en moto o automóvil desde Guzmango hasta el punto de estudio en 25 minutos por camino de herradura.

1.5 CONDICIÓN CLIMÁTICA Y ALTITUD DE LA ZONA.-

En el departamento de Cajamarca tenemos variedad de climas

Tropicales: En las provincias de Jaén y San Ignacio, y en los valles bajos como el de Condebamba y Crisnejas, con temperaturas promedio de 26°C y precipitaciones que varían de 900- 1 100mm.

Templados: con temperaturas agradables pero ligeramente frías en las noches que varían entre 13 - 15°C en valles interandinos y precipitaciones anuales de 700 -1 000 mm.

Fríos: En la zona alta hay una formación ecológica especial con climas fríos y ventosos; temperaturas nocturnas inferiores a 12° C y precipitaciones de 900 – 1 300 mm. En las zonas medias y altas existen temperaturas nocturnas diurnas elevadas que pueden llegar a los 20°C y bajas bruscamente en las noches y madrugadas a 0° C, sobre todo en invierno.

La altitud promedio de la zona es de 3225 m.s.n.m.

2.0 GEOLOGÍA DEL ÁREA EN ESTUDIO

2.1 GEOLOGÍA LOCAL

VOLCÁNICO SAN PABLO

Se llama así a la secuencia superior del Grupo Calipuy que aflora en los alrededores del pueblo de San Pablo y noreste de San Miguel (fuera del área). Consiste de gruesos bancos de rocas volcánicas, intercaladas en la base con areniscas rojizas y en la parte superior de una espesa secuencia de aglomerados y piroclásticos bien estratificados. Alcanza un grosor estimado en 900 m.

El Volcánico San Pablo aflora en el valle de Jequetepeque yaciendo con suave discordancia erosional al Volcánico Chilete, pero no sería raro encontrarlo descansando directamente sobre el Cretáceo en discordancia angular. Subyace al Volcánico Huambos con igual relación.

Sus afloramientos se extienden ampliamente por la Cordillera Occidental, de tal forma que en muchos lugares, especialmente fuera del área, el Grupo Calipuy está representado sólo por estos volcánicos, cuya composición es generalmente dacítica y en menor proporción andesítica. Hacia el tope se destacan capas areno-lutáceas de color rojizo con lechos de calcedonia, a las que se intercala una gruesa secuencia de aglomerados, brechas y piroclásticos, tal como se observa en las cumbres de los

cerros ubicados al norte de Cajamarca, al este de San Miguel, zona de Quiruvilca, Pampa de la Julia y en los alrededores de la mina de Cascabamba.

2.2 SISMICIDAD

El Perú por estar comprendido como una de las regiones de más alta actividad sísmica, forma parte del Cinturón Circumpacífico, que es una de las zonas sísmicas más activas del mundo.

De acuerdo al Mapa del Reglamento Nacional de Edificaciones, Normas de Diseño Sismo-resistente [2] y del mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú y basándose en isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y recientes sismos, se concluye que el área de estudio se encuentra dentro de la Zona de alta Sismicidad (Zona 3) por lo que se deberá tener presente la posibilidad de que ocurran sismos de considerable magnitud, con intensidades altas como de VII a IX en la Escala de Mercalli Modificada. Según las características geológicas y de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, se tiene:

- | | |
|---|----------------------|
| • CLASIFICACIÓN TIPO DE SUELO DE CIMENTACIÓN | TIPO S ₂ |
| • PERIODO PREDOMINANTE DE VIBRACIÓN DEL SUELO | T _s = 0.6 |
| • FACTOR DE SUELO: | S = 1.2 |

3.0 RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

• TIPO DE CIMENTACIÓN:	LOSA DE CIMENTACIÓN / CIMIENTOS CORRIDOS
• PARÁMETROS DE DISEÑO PARA LA CIMENTACIÓN	
○ ESTRATO DE CIMENTACION	: “CL-ML”
○ PROFUNDIDAD DE DESPLANTE	
A) LOSA DE CIMENTACIÓN	: 2.00m.
B) CIMIENTOS CORRIDOS	: 1.00m.
○ PRESIÓN ADMISIBLE :	
A) LOSA DE CIMENTACIÓN	: 1.34 kg/cm ²
B) CIMIENTOS CORRIDOS	: 1.22 kg/cm ²
○ FACTOR DE SEGURIDAD POR CORTE	
a) Factor de Seguridad para los parámetros de corte es de	2/3 .
b) Factor de Seguridad Capacidad Portante	: 3.00
○ ASENTAMIENTOS TOTALES (MÁXIMOS)	
A) LOSA DE CIMENTACIÓN	: 2.14cm
• AGRESIVIDAD DEL SUELO DE CIMENTACIÓN	
Los contenidos de Sales Solubles Totales y Sulfatos no son perjudiciales al concreto, por lo que se utilizará <i>Cemento Tipo I ó IP</i> .	

4.0 INVESTIGACIÓN DE CAMPO.

Los trabajos de campo se realizaron a cielo abierto. Debido a la uniformidad de los materiales se excavaron una (01) calicatas de 1 m² de área (cuadro N°2).

La finalidad de estas labores fue de investigar el subsuelo de cimentación que recibirá las cargas de la estructura a construirse. De las calicatas se obtuvo muestras según los estratos presentes para realizar los ensayos y análisis correspondientes.

Paralelamente al muestreo se realizaron los registros de exploración, en los que se indica las diferentes características de los estratos subyacentes, tales como tipo de suelo, espesor del estrato, color, humedad, consistencia, etc.

Las excavaciones alcanzaron las siguientes profundidades:

CUADRO N° 2 CALICATAS

CALICATA N°	PROFUNDIDAD (m)
C-1	-2.05

5.0 ESTRUCTURAS DE CIMENTACIÓN

5.1 TIPO DE EDIFICACIÓN.

La edificación típica se caracteriza por estar constituida por una antena/torre de transmisión.

5.2 CIMENTACIÓN TIPO

De acuerdo a los parámetros estandarizados de las cimentaciones típicas se prevé que esta sea constituida por Losa de cimentación y cimientos corridos.

6.0 ENSAYOS DE LABORATORIO.

Las muestras obtenidas de las calicatas clasificadas como representativas fueron remitidas al laboratorio con el objeto de identificación y posterior clasificación según sus propiedades físicas y mecánicas según los ensayos especiales requeridos.

Ensayos Estándar.-

Los ensayos de laboratorio siguientes se han realizado según lo estipulado por las normas ASTM siguientes:

Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM D-421
Contenido de Humedad	ASTM D-2216
Límites de Atterberg (LL, LP)	ASTM D-423, D-424
Densidad Máxima	ASTM D-4253
Densidad Mínima	ASTM D-4254
Peso Volumétrico	ASTM D-2937
Corte Directo	ASTM D-3080
Peso Unitario	
Análisis Químicos para determinar contenido de sales solubles totales	ASTM D-1889.

7.0 PERFILES ESTRATIGRÁFICOS.

Los perfiles geológicos y la determinación de las propiedades de los estratos se han determinado de acuerdo a las investigaciones de campo, es decir 01 exploraciones y a partir de la descripción visual-manual (ASTM D 2488), el cual se adjunta al

presente, de esto se puede concluir que por lo observado según las exploraciones practicadas en el lugar de emplazamiento los depósitos de materiales granulares de origen **aluvial** conformados por limos de baja plasticidad los cuales presentan uniformidad en el área de proyecto en cuanto a los materiales presentes en la zona de proyecto (Ver Registro de Excavaciones), de acuerdo a las exploraciones se concluye que estos materiales se correlacionan con la geología descrita en el cuadrángulo correspondiente.

7.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATIGRAFÍA.

Como se indica en el párrafo anterior la estratigrafía que presenta el subsuelo es uniforme.

CALICATA 1:

a) De 0.00 – 0.30m.: Cobertura superficial conformado por arenas y limos (material de Cultivo).

b) De 0.30m. – 1.10m.: Estrato de material fino, de color marrón, compuesto por limos, arcillas 60% de mediana plasticidad y arenas finas 40%. En general el estrato se encuentra en estado semicompacto, presenta humedad moderada.

c) De 1.10m. – 2.10m.: Estrato de material fino, de color marrón e intercalado con trazas marrones oscuros, negruzcas y blanquecinas, compuesto por limos y arcillas 95% de baja plasticidad y arenas finas 2%. En general el estrato se encuentra en estado compacto, presenta humedad moderada.

A nivel de excavación no se determino presencia de nivel freático

7.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS.-

Se han identificado el tipo de material existente en el área de proyecto, el suelo que básicamente se encuentra diseminado son los depósitos de materiales granulares aluviales gravo-arenosos con limos, que pertenecen al cuaternario reciente, es decir que son materiales de arrastre poco consolidados en una matriz arenosa. La matriz arenosa presenta materiales finos como limos de baja plasticidad. De acuerdo a los perfiles estratigráficos y propiedades de los suelos se ha definido que el estrato de apoyo de las estructuras de cimentación sea el clasificado SUCS como “CL-ML”.

La densidad relativa del estrato de apoyo obtenida es del orden del 89% (en promedio), el peso volumétrico seco es del orden de 1.53 tn/m³, la Gravedad específica de los materiales finos es del orden de 2.76 para materiales finos.

8.0 ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN.

8.1 PROFUNDIDAD DE LA CIMENTACIÓN.-

De acuerdo a los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfiles, registros estratigráficos y características de las estructuras típicas de cimentación se prevé que el estrato en el que se apoye la estructura de cimentación sea el clasificado como “CL-ML” (predominantemente) a la profundidad de -2.00m. para la cimentación del tipo Losa de cimentación y -1.00m. cimientos corridos.

8.2 TIPO DE CIMENTACIÓN.-

Dada la naturaleza del terreno a cimentar y las características estructurales de la futura edificación se prevé que la cimentación a utilizar sea del Tipo Superficial es decir Losa de cimentación Corridas o Losa de cimentación Aisladas.

8.3 CÁLCULO Y ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA.-

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones se ha analizado la capacidad portante según el tipo de suelo presente en el site. La Capacidad Portante Admisible se ha determinado en función de las características físico-mecánicas del suelo de fundación

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN TERZAGHI.

Se han realizado los cálculos tomando en cuenta la fórmula generalizada de Terzaghi y Peck [4], [5], donde se incluyen las correcciones de forma y profundidad dadas por Vesic, se tiene:

$$q_{ult} = q S_q i_q N_q + \frac{1}{2} S_\gamma i_\gamma \gamma B N_\gamma + S_c i_c c N_c$$

q_{ult}	:	Capacidad de Carga Ultima	(tn/m ²)
q_{adm}	:	Capacidad de Carga Admisible	(kg/cm ²)
F.S.	:	Factor de Seguridad	Capacidad Portante

γ	:	Peso Volumétrico (Peso sumergido si hay N.F., tn/m ³)
B	:	Ancho de Zapata o Cimiento corrido (m)
L	:	Largo de Zapata (m)
D _f	:	Profundidad de Desplante (m)
N _q , N _c , N _γ	:	Factores de Capacidad Portante
c	:	Cohesión (tn/m ²)
S _q , S _c , S _γ	:	Factores de Forma
i _q , i _c , i _γ	:	Factores de Inclinación
Ø	:	Angulo de Fricción Interna (°)
q	:	Esfuerzos efectivos al Prof. DF (tn/m ³)

Valores según ensayos de Laboratorio:

Angulo de Fricción	Ø' = 28.16°
Densidad Natural (seca)	γ = 1.53 tn/m ³
Cohesión	c = 0.114 kg/cm ²
Factor de seguridad para los parámetros de corte: 2/3, [4]	
Factor de Seguridad	(FS) = 3.00

Factores de Inclinación:

Para estructuras tipo TAT60m. estándar similares a la proyectada se tienen:

CARGA COMPRESIÓN	281.85 Tn
CORTANTE	9.19 Tn
MOMENTO	352.04 Tn-m
Inclinación de la Carga (Θ)	1.87°
Excentricidad (e)	1.249m

$$i_q = (1 - \Theta/90)^2$$

$$i_q = i_c = 0.959$$

$$i_\gamma = (1 - \Theta/\Theta)^2$$

$$i_\gamma = 0.819$$

CAPACIDAD PORTANTE:

Factores de Capacidad Portante.
 Factor de Seguridad (FS) = 3

$$N_q = e^{\pi \tan \Theta} \tan^2 (45 + \Theta/2)$$

$$N_q = 6.18$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \Theta$$

$$N_\gamma = 5.12$$

1ª. CONDICIÓN: Ø ≠ 0.

A. Para Losa de cimentación : ancho B=8.50m. L=8.50m, y profundidad de desplante igual a 2.00m. se tiene:
 De acuerdo a las cargas actuantes y la excentricidad se tiene:

$$B' = B - 2e$$
$$B' = 6.00m.$$

Reemplazando los valores en la fórmula general se tiene:

$$q_{ult} = 50.25 \text{ tn/m}^2$$
$$q_{adm} = q_{ult} / FS = 1.67 \text{ kg/cm}^2$$

B. Para Cimientos Corridos: ancho $B=0.60m.$ y profundidad de desplante igual a $1.00m.$ se tiene:

Reemplazando los valores en la fórmula general se tiene:

$$q_{ult} = 36.64 \text{ tn/m}^2$$
$$q_{adm} = q_{ult} / FS = 1.22 \text{ kg/cm}^2$$

2ª. CONDICIÓN: $\emptyset=0.$

La siguiente fórmula nos permite el cálculo de la capacidad portante para materiales cohesivos en la condición no drenada.

$$q_{ult} = N_c c_u s_c i_c + q N_q i_q d_q s_q \quad (\text{EUROCODE 07})$$

q = esfuerzos efectivos.

$$c_u = c/2 = 0.631 \text{ kg/cm}^2 \quad (c = \text{Compresión Axial no Confinada})$$

Factores de Capacidad Portante

q = Esfuerzos efectivos.

$$N_c = 5.14;$$
$$N_q = 1.00$$
$$s_c = 1.20$$
$$s_q = 1.00$$
$$i_c = 0.99$$
$$d_c = 1.00$$
$$d_q = 1.00$$

A. Para Losa de Cimentac.: Profundidad de desplante igual a $2.00m.$ se tiene:

$$q_{ult} = 41.73 \text{ tn/m}^2$$
$$FS = 3.0$$
$$q_{adm} = 1.39 \text{ kg/cm}^2$$

B. Para cimientos corridos: ancho $B= 0.60m.$ y profundidad de desplante igual a $1.00m.$ se tiene:

Reemplazando los valores en la fórmula general se tiene:

$$q_{ult} = 40.20 \text{ tn/m}^2, FS=3.0$$

$$q_{adm} = q_{ult} / FS = 1.34 \text{ kg/cm}^2$$

8.4 ASENTAMIENTOS

El asentamiento elástico inicial, según la teoría de la elasticidad está dado por:

$$S = \frac{\Delta q_s B (1 - \mu^2) I \omega}{\epsilon_s}$$

S = Asentamiento (cm)

Δq_s = Esfuerzo neto transmitido (kg/cm^2)

B = Ancho de cimentación (m.)

ϵ_s = Módulo de elasticidad (kg/cm^2)

μ = Relación de Poisson

$I \omega$ = Factor de influencia que depende de la forma y la rigidez de la cimentación (Bowles, 1977) cm/cm

Las características elásticas del suelo de fundación se asumieron a partir de tablas (Ver Tabla 1) en las que se describen las propiedades de los diferentes tipos de suelos.

Los cálculos de asentamientos se han realizado considerando cimentación flexible y rígida, asimismo se considera que los esfuerzos transmitidos (Δq_s) son iguales a la capacidad admisible de carga.

Para nuestro caso se tiene materiales predominantemente gravo-arenoso con limos (ML en estado compacto) de las siguientes características:

	LOSA DE CIMENTAC.
S	2.14
Δq_s	1.67
B	8.50
$m=(L/B)$	1.00
ϵ_s	700
μ	0.25
$I \omega$	112

y de acuerdo a estos datos se tiene que los asentamientos estimados del terreno son del orden de 2.14cm para Losa de cimentación.

9.0 AGRESIÓN DEL SUELO A LA CIMENTACIÓN.

9.1 RESULTADOS DE ANÁLISIS

El contenido de sales solubles totales así como sulfatos en el suelo como solución no es perjudicial al concreto [2]. Estos resultados permiten concluir que la presencia de agentes nocivos al concreto *no* ocasionará *ataque* a la estructura de cimentación por lo que se recomienda el uso de cemento *Tipo I ó IP* como el adecuado.

10.0 NIVEL DE NAPA FREÁTICA

A nivel de excavación no se ha determinado la existencia de Napa Freática.

11.0 CONCLUSIONES – RECOMENDACIONES Y ANEXOS

De lo estudiado se puede concluir:

- No se encontró nivel freático en la zona de exploración.
- Respecto a la sismicidad del área de estudio, ésta se encuentra ubicada dentro la zona N° 3 (Zona de Alta Sismicidad), por lo que se deberá tener presente la posibilidad de que se presenten sismos de gran magnitud, con intensidades de VII a IX en la Escala de Mercalli Modificada.
- En lo que respecta a la Geodinámica externa, el suelo de fundación no estará sujeto a socavaciones, menos a deslizamientos, así como no se ha encontrado evidencias de hundimiento ni levantamientos en el terreno. Asimismo en el área de estudio no presenta en la actualidad riesgo alguno como posibles aluviones, huaycos, deslizamientos de masas de tierras, o inundaciones, etc.
- De acuerdo a los aspectos geológicos y según las exploraciones se puede determinar que en el área de proyecto en los niveles de desplante el tipo de suelo es uniforme tratándose de un material aluvial granular en estado semicompacto a compacto.
- El contenido de Sulfatos y el contenido de sales solubles totales presentes en el suelo de fundación *no es perjudicial* al concreto.
- El tipo de cemento a emplear será *Tipo I ó IP*.

- El estrato de apoyo se caracteriza por conformarse de materiales granulares compuestos por limos de baja plasticidad los cuales salvo algunas variaciones puntuales estos materiales clasifican predominantemente como “ML” de la clasificación SUCS los cuales presentan mediana compacidad.
- Teniendo en cuenta la estandarización para el diseño estructural de las estructuras de cimentación se puede concluir que la capacidad portante en función del tipo de estructura de cimentación es:
 - PRESIÓN ADMISIBLE LOSA DE CIMENTACIÓN PROF. 2.00m.: 1.39 kg /cm²
 - PRESION ADMISIBLE CIMIENTOS CORRIDOS PROF. 1.00m.: 1.22 kg/cm²

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES
NORMA E030 - DISEÑO SISMORRESISTENTE MTC
REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES
MORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E-050
- 2.- CONCRETE MANUAL BUREAU OF RECLAMATION
US DEPARTMENT OF THE INTERIOR WAS. 1966
- 3.- MECÁNICA DE SUELOS EN LA INGENIERÍA PRÁCTICA
TERZAGHI- PECK-G. MESRI 1996
- 4.- INGENIERÍA DE CIMENTACIONES
MANUEL DELGADO VARGAS 1999.
- 5.- FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA
BRAJA M. DAS 1999
- 6.- ELEMENTOS OF SOILS MECHANICS
IAM SMITH 2,006
- 7.- INGENMET. GEOLOGÍA DEL CUADRÁNGULO DE “CAJAMARCA”

ENSAYOS ESTANDAR

FOTOGRAFÍAS

Vista panorámica.



CALICATA 1: Véase el tipo de material.



ENSAYOS



Análisis granulométrico



Corte directo



Límites de Atterberg



Sulfatos